

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO – CED
ESPECIALIZAÇÃO EM EDUCAÇÃO NA CULTURA DIGITAL

NILCE ANA CREMONINI BACKES

ENSINO DO EFEITO FOTOELÉTRICO COM O USO DAS TECNOLOGIAS

Florianópolis – SC, agosto de 2016

NILCE ANA CREMONINI BACKES

ENSINO DO EFEITO FOTOELÉTRICO COM O USO DAS TECNOLOGIAS

Trabalho apresentado ao curso de Especialização em Educação na Cultura Digital, como requisito parcial para obtenção do grau de especialista em Educação na Cultura Digital, da Universidade Federal de Santa Catarina. Orientador: Me. Bruno dos Santos Simões.

Florianópolis – SC, agosto de 2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Backes, Nilce Ana Cremonini

Ensino do efeito fotoelétrico com o uso das
tecnologias. / Nilce Ana Cremonini Backes ; orientador,
Bruno dos Santos Simões - Florianópolis, SC, 2016.
60 p.

Monografia (especialização) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro de Ciências da Educação. Curso de .

Inclui referências

1. Ensino. 3. Especialização. I. Simões, Bruno dos
Santos. II. Universidade Federal de Santa Catarina. . III.
Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO

ATA DE AVALIAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos quatro dias do mês de agosto de dois mil e dezesseis, na cidade de Florianópolis – nas dependências da Universidade Federal de Santa Catarina, reuniu-se a Comissão de Avaliação composta pelos seguintes professores: **Bruno dos Santos Simões; Jason de Lima e Silva e Simone dos Santos Ribeiro** para proceder à apreciação do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **“ENSINO DO EFEITO FOTOELÉTRICO COM O USO DAS TECNOLOGIAS”**. Aberta a sessão foi passada a palavra para o(a) aluno(a) **Nilce Ana Cremonini Backes** para que na forma regimental procedesse a apresentação de seu tema de Trabalho de Conclusão de Curso. Após, foi arguido(a) pelos membros da comissão. Tendo sido ouvidas as explicações do(a) aluno(a), a Comissão Avaliadora examinou o referido trabalho, emitindo os seguintes conceitos: Bruno dos Santos Simões 10; Jason de Lima e Silva 10; Simone dos Santos Ribeiro 10; Conceito final: 10.

Bruno dos Santos Simões (Orientador (a))

Bruno dos Santos Simões

Jason de Lima e Silva (Examinador (a))

Simone Ribeiro

Simone dos Santos Ribeiro (Examinador (a))

[Assinatura]

Nilce Ana Cremonini Backes (aluno (a))

Nilce Backes

Observações:

A banca recomenda a publicação do trabalho.

RESUMO

O objetivo dessa pesquisa foi observar como um grupo de estudantes se movimenta na superação de processos mecânicos na aprendizagem do Ensino do Efeito Fotoelétrico, a partir de uma proposta ancorada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, buscando a inclusão dos recursos tecnológicos. Inicialmente realizou-se uma revisão bibliográfica sobre o efeito fotoelétrico, desde suas primeiras incidências até sua confirmação, definições e aplicações. A partir desse estudo, elaborou-se um plano de ensino dividido em três momentos de aprendizagem, buscando alternativas para o estudo do Efeito Fotoelétrico, visando à construção de uma aprendizagem significativa, através de uma proposta de ensino que esteja permeada pelo uso das tecnologias. A curiosidade dos estudantes foi aguçada em sala de aula, a realização de atividades alternativas e diversificadas envolvendo os estudantes tornou-os protagonistas do processo de aprendizagem de modo significativo, facilitando a compreensão da Física. A aprendizagem significativa explorada neste trabalho produziu um maior envolvimento no estudo da Física. A utilização dos recursos tecnológicos possibilitou aos estudantes obter conhecimentos e práticas que serão úteis na sua formação escolar e social, favorecendo seu comprometimento na construção dos conceitos físicos. Sabemos que a educação precisa ser repensada, que é necessário buscar formas alternativas para aumentar o entusiasmo do professor, o interesse do estudante e, conseqüentemente o nível de aprendizagem.

Palavras-chave: Ensino de Física. Aprendizagem significativa. Recursos tecnológicos. Efeito fotoelétrico.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Placa metálica incidida por luz e perdendo elétrons devido ao efeito fotoelétrico.....	18
Figura 2 - Emissão de luz em um eletroscópio de folhas	19
Figura 3 - Balão de vidro sem ar contendo dois elétrodoos	22
Figura 4 - Gráfico da intensidade da corrente fotoelétrica.....	22
Figura 5 - Célula fotelétrica	25
Figura 6 - Imagem do simulador de efeito fotoelétrico.....	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quadro explicativo da apresentação da sequência didática planejada	36
Quadro 2 - Transcrição das falas dos estudantes.....	40
Quadro 3 - Estruturação da sequência didática	44
Quadro 4 - Análise do momento 1	44
Quadro 5 - Análise do momento 2	45
Quadro 6 - Análise do momento 3	46

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
CAPÍTULO 1: O EFEITO FOTOELÉTRICO	12
1.1. Um breve relato histórico	12
1.2. A Luz	14
1.3. O Efeito Fotoelétrico	18
CAPÍTULO 2: TDIC E SUAS CONTRIBUIÇÕES NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA	26
2.1. Aprendizagem Significativa de Ausubel	26
2.2. A Física Moderna e Contemporânea	28
2.3. O uso das tecnologias digitais no Ensino da Física Moderna e Contemporânea	30
CAPÍTULO 3: SEQUÊNCIA DIDÁTICA DESENVOLVIDA	33
3.1. Local e participantes da pesquisa	34
3.2. Desenvolvimento da sequência didática em sala de aula	35
3.2.1. Descrição da sequência didática	36
CAPITULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.	43
CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS	53
APÊNDICES	56

INTRODUÇÃO

O contexto educacional encontra-se em uma situação incerta. Percebe-se uma grande falta de interesse dos estudantes perante o ensino de Física e a falta de motivação e metodologias apropriadas que os ajudem na construção de uma aprendizagem significativa.

Para Ausubel (1982), a aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura cognitiva do conhecimento específico. O autor defende que a aprendizagem ocorre desde que se tenha um ambiente com uma comunicação eficiente, que respeite e conduza o estudante a sentir-se parte integrante do conhecimento através de ligações, de termos conhecidos por ele. Através da palavra e ações práticas, o professor pode diminuir a distância entre a teoria e a prática na escola, inteirando-se de uma metodologia que desafie e faça com que o estudante reflita sobre o que está aprendendo, conhecendo a sua realidade e os seus anseios.

Mas, as escolas, na visão de Langhi e Nardi (2012), ainda possuem temas bem arraigados nos professores que se prendem a uma sequência dada pelo livro didático, o que tem dificultado as mudanças propostas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN's (BRASIL, 1998), Diretrizes Curriculares entre outras.

O ensino de Física muitas vezes tem se mostrado, desvinculado do cotidiano do estudante, baseado na transmissão de informações através de aulas expositivas, visando à preparação para os exames que darão continuidade aos estudos, deste modo, os estudantes não têm interesse por estudar Física, bem como as Ciências da Natureza de forma geral.

Hoje, no início do século XXI, mais de cem anos de história se passaram desde a introdução da Física nas escolas no Brasil, e sua abordagem continua fortemente identificada com aquela praticada há cem anos atrás: ensino voltado para a transmissão de informações através de aulas expositivas utilizando metodologias voltadas para resolução de exercícios algébricos. Questões voltadas para o processo de formação dos indivíduos dentro de uma perspectiva mais histórica, social, ética, cultural, permanecem afastadas do cotidiano escolar, sendo encontradas apenas nos textos de periódicos relacionados ao ensino de Física, não apresentando um elo com o ambiente escolar. (BECKER; WERNER, 2005, p.6)

Nesse sentido, o ensino de Física caminha em direção a elementos que contemplem os aspectos supracitados. A exemplo disso, vemos o formato do novo ENEM, em que as questões de Física superam o tradicional “rigor matemático”, e busca abordar questões de forma mais dialogada com a teoria e com outras áreas do conhecimento, além de prezarem por um certo grau de contextualização. Além disso, o uso das tecnologias vem contribuindo com o avanço dos aspectos teórico-metodológicos em sala de aula. Essa mudança busca transformar a Física

em algo dinâmico e que desperte o interesse dos estudantes em aprender. Moreira (2000) destaca que, ao longo dos últimos anos, as principais iniciativas na área de ensino de Física foram: física no cotidiano; equipamentos de baixo custo; ciência, tecnologia e sociedade; história e filosofia da ciência; física moderna e contemporânea; e, mais recentemente as novas tecnologias. Zanetic contribui:

É preciso que a chamada ‘física escolar’ dê uma visão, a mais viva possível, enquanto parte integrante de uma cultura que precisa ser dominada para poder ser transformada em instrumento de intervenção na realidade que está aí. (ZANETIC, 1989, p.37).

Ao estudo da Física Moderna e Contemporânea, em especial ao Efeito Fotoelétrico, não é dada à importância necessária nas escolas, limitando-se aos enunciados e exploração de expressões matemáticas, sem a preocupação com o contexto histórico de sua elaboração ou de suas aplicações, mesmo sendo esta uma importante área da Física, usada na evolução das tecnologias, permite o desenvolvimento consequente da miniaturização, possibilita alcançar grande rapidez e o trabalho seguro dos computadores eletrônicos. Não podemos citar aqui todos os aspectos da influência revolucionária que tem a Física Moderna e Contemporânea no crescimento de diversos domínios das ciências e técnicas. No entanto, pode-se garantir a enorme contribuição dessa área para a realização da revolução técnico-científica e sua inserção no Ensino Médio é, portanto de suma importância. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais,

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos. Ou seja, o estudo de matéria e radiação indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico (BRASIL, 2002, p. 70).

Já o efeito fotoelétrico, aparece em várias aplicações tecnológicas, que são da vivência dos estudantes, outro propósito é o uso das células fotoelétricas que controlam os dispositivos que utilizam o efeito fotoelétrico em seu funcionamento. É a tecnologia utilizando-se da ciência com implicações sociais, como por exemplo, economia de água e de energia elétrica. Além disso, seu estudo e comprovação consiste em um dos marcos do nascimento da Física Moderna.

O efeito fotoelétrico é o efeito quântico mais conhecido atualmente, mais “simples” de explicar e entender, e o que possui a maior aplicabilidade no nosso dia-a-dia, por exemplo, tornou-se possível o cinema falado; assim como a transmissão de imagens animadas (televisão); permite ligar e desligar automaticamente a iluminação ruas, faróis, dentre outros; os aparelhos que dependem do efeito fotoelétrico controlam o tamanho de peças com maior precisão do que qualquer operário; alguns aparelhos que

funcionam basicamente do efeito fotoelétrico constroem máquinas sem intervenção humana, dentre outros exemplos que podem ser citados.(PEREIRA, 2013, p. 4)

No contexto das ferramentas tecnológicas, focaliza-se as que são utilizadas como apoio ao ensino, além do foco nos recursos é necessário refletir sobre como desenvolver competências, capacidades cognitivas e habilidades com auxílio dos recursos tecnológicos que só terão sentido se utilizados na melhoria da aprendizagem, como geradores de conhecimento que ampliam o currículo, promovem a interação e a colaboração entre professores e estudantes. São inúmeros os recursos tecnológicos que podem ser usados no ensino, destaca-se que as simulações são bastante úteis para a inserção de conteúdos científicos que muitas vezes não podem ser reproduzidos em laboratórios. Segundo Bradão:

Estratégias didáticas baseadas na noção e uso de modelos surgem como alternativas para inserção de conteúdos de natureza epistemológica que, imbricados com conteúdo de física, propiciam aos alunos uma visão mais holística sobre a natureza e a construção do conhecimento científico (BRADÃO, 2010, p. 10).

A ideia de modelagem em Física é de vital importância, facilita a compreensão de fenômenos e examina padrões da natureza procurando entendê-los de forma mais clara possível.

O uso de simulações pode permitir que os estudantes construam modelos mentais de sistemas físicos, facilitando a compreensão das representações físicas e entender como elas descrevem os sistemas estudados. As simulações podem despertar ou aumentar o interesse dos alunos, pois o fato deles poderem controlar determinadas situações estimula uma aprendizagem mais fácil e rápida. Com efeito, o aluno pode ver como se altera o comportamento do modelo numa variedade de situações e condições.

Também é importante compreender como ocorre o processo de ensino, então nos parâmetros curriculares nacionais observamos a preocupação com a revolução da informática, e com as mudanças sofridas pela educação, tornando necessária uma nova compreensão teórica sobre o papel da escola. A reforma curricular prevista entende que o ensino é um instrumento da cidadania devendo contemplar conteúdos e estratégias que capacitem o estudante para a vida em sociedade, a atividade produtiva e a experiência subjetiva.

Desta forma os PCNs dividem o currículo do Ensino Médio em três áreas, sendo a área das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, o foco de nosso estudo. Entende-se por este ensino que:

...a aprendizagem na área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias indica a compreensão e a utilização dos conhecimentos científicos, para explicar o funcionamento do mundo, bem como planejar, executar e avaliar as ações de intervenção na realidade. (BRASIL, 2000, p. 20)

Em se tratando da Física, esta ganha um novo sentido, buscando construir uma visão voltada para o cidadão contemporâneo, atuante e solidário ao desenvolvimento da sociedade. As competências para esse ensino devem permitir perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, isso implica em compreender a linguagem própria da física, bem como reconhecê-la como um processo de construção histórica.

Atuar como professor não tem sido tarefa fácil, pois o professor está desmotivado e muitas vezes despreparado para atender as exigências do sistema educacional, o que dificulta a efetivação da Lei de Diretrizes e Bases (BRASIL, 2000) que propõe através de ações pedagógicas uma reforma educacional centrada na formação de indivíduos com espírito crítico perante o meio social, estimulando-o a participar de modo ativo na construção de uma sociedade evoluída frente às necessidades enfrentadas nos dias de hoje.

Os PCNs trazem um grande desafio para o professor, que é a implementação dessas novas diretrizes, em novas práticas escolares, isto requer um movimento contínuo de reflexão, investigação e atuação. O desenvolvimento dessa nova forma de se entender a física, como uma ciência viva, fruto de uma construção histórica nos traz os temas estruturantes que ajudam a articular conhecimentos e competências.

Assim, considerando o que foi exposto acima, julga-se necessário buscar alternativas para o estudo da Física moderna e contemporânea, visando à construção de uma aprendizagem significativa, nesta proposta será apresentado uma metodologia para o ensino do efeito fotoelétrico, um item da física moderna, ancorada pelo uso de recursos tecnológicos.

A partir dessas e de outras opiniões sobre o ensino de Física, foi desenvolvida uma proposta para aplicar em uma sequência de 6 aulas divididas em três momentos, utilizando a abordagem da aprendizagem significativa de Ausubel, como intermédio no estudo do efeito fotoelétrico com uso de recursos tecnológicos. A palavra sequência deve ser aqui entendida como o planejamento de atividades nas quais a pesquisadora irá desenvolver em um grupo de estudantes buscando construir um conhecimento significativo.

Assim, este trabalho tem como objetivo geral investigar como um grupo de estudantes se movimenta na superação de processos mecânicos na aprendizagem do efeito fotoelétrico, a partir de uma proposta de ensino ancorada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

No capítulo I apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre o efeito fotoelétrico, um breve histórico, desde suas primeiras incidências até sua confirmação, algumas considerações sobre a luz, seu comportamento dual e importância. Também se expõem as explicações,

definições e aplicações do efeito fotoelétrico. No capítulo II, aponta-se os pressupostos teóricos da aprendizagem significativa, um pouco da história e importância da Física Moderna e Contemporânea e a necessidade de seu estudo, concluindo apresenta-se as contribuições do uso das tecnologias digitais no ensino da Física Moderna e Contemporânea. No capítulo III, descreve-se a proposta de ensino do efeito fotoelétrico, relatando o seu desenvolvimento. No capítulo IV expomos os resultados obtidos na realização da proposta, procurando discutir com a teoria da aprendizagem e a importância do uso dos recursos tecnológicos.

CAPÍTULO 1: O EFEITO FOTOELÉTRICO

1.1. Um breve relato histórico¹

As primeiras evidências sobre a descoberta do efeito fotoelétrico foram obtidas, em 1887, pelo físico alemão Henrich Rudolf Hertz (1857-1894) quando ele verificou que radiações eletromagnéticas de um tipo específico, ao incidirem sobre uma superfície metálica, faziam que os elétrons que pertenciam a ela escapassem, logo após absorverem certa quantidade de energia. Ele publicou um trabalho sobre suas experiências com osciladores que produziam ondas eletromagnéticas. O oscilador de Hertz constituía-se de duas esferas metálicas, cada uma possuía uma haste que em sua extremidade tinha uma outra esfera metálica, porém pequena, estando ambas ligadas por uma bobina de Rühmkorff (1851) ao alimentar essa bobina com um circuito elétrico oscilante, Hertz observou que havia faíscas entre as esferas. Hertz construiu um ressoador com um grosso fio de cobre circular e interrompido por um pequeno arco, tendo em uma de suas extremidades uma pequena esfera e na outra um parafuso que podia avançar ou recuar para controlar a abertura do circuito. Quando o ressoador captava uma onda eletromagnética, faíscas elétricas saltavam entre a esfera e a ponta do parafuso. Movendo esse dispositivo, Hertz pode calcular o comprimento de onda da radiação eletromagnética, por ocasião dessas experiências Hertz observou que quando a esfera eletrizada negativamente era iluminada com luz ultravioleta, as centelhas surgiam mais facilmente. Mas tarde esse fenômeno foi identificado como o efeito fotoelétrico.

Logo depois, em 1888, o engenheiro e físico italiano Augusto Righi (1850-1920) percebeu que, quando dois eletrodos eram expostos a uma radiação ultravioleta, eles atuavam como um par voltaico. A esse fenômeno Righi deu o nome de efeito fotoelétrico. Ainda em 1888, o físico alemão Wilhelm Hallwachs (1859-1922) realizou experiências nas quais observou que uma placa de zinco descarregada e isolada, passava a carregar-se positivamente quando recebia radiação ultravioleta proveniente de uma lâmpada de quartzo. Em 1889 Hallwachs anunciou que outros metais [rubídio (Rb), potássio (K), sódio (Na), lítio (Li), magnésio (Mg) e tório (Th)] se comportavam como o zinco, quando iluminados com luz ultravioleta.

¹ Baseado no livro *Nascimentos da Física (3500 a.C.-1900 d.C.)*, de José Maria Bassalo (Belém, EDUFPA, 1996, p. 354-356).

Antes ainda, o físico russo Aleksandr Grigoryevich Stoletov (1839-1896) realizou, em 1872, uma primeira observação experimental sobre o efeito fotoelétrico. O experimento de Stoletov era consistido de dois discos metálicos de 22 cm de diâmetro, um maciço e o outro em forma de rede, que foram colocados verticalmente frente a um arco voltaico, unidos por intermédio de uma bateria elétrica e de um galvanômetro. Durante a iluminação, com luz ultravioleta, do disco metálico maciço, unido ao pólo negativo da bateria, foi registrado uma corrente elétrica através do galvanômetro.

Em 1888, Stoletov desenvolveu um método experimental para estudar o efeito fotoelétrico. Nele ele observou que, iluminando a placa negativa de um condensador com luz ultravioleta, percebia-se uma corrente elétrica contínua em um circuito contendo esse condensador, cuja intensidade era proporcional à intensidade da luz incidente e à área iluminada. Além do mais, investigando a relação entre essa foto-corrente e a diferença de potencial externa ao circuito considerado, Stoletov descobriu a existência de uma corrente de saturação. Essas são, portanto, as primeiras leis do efeito fotoelétrico.

Ao físico húngaro-alemão Philipp Eduard Anton von Lenard (1862-1947), assistente de Hertz, se atribui a descoberta das leis do efeito fotoelétrico. Em 1899 ele realizou experiências que o levaram a essa descoberta. Nessas experiências, observou que elétrons eram emitidos de superfícies metálicas quando nelas incidiam radiação eletromagnética. No entanto, somente em 1902, Lenard apresentou as hoje conhecidas leis do efeito fotoelétrico:

- I. Os elétrons emitidos têm velocidades iniciais finitas, são independentes da intensidade da luz incidente, porém, dependem de sua frequência;
- II. O número total de elétrons emitidos é proporcional à intensidade da luz incidente.

Essas leis, contudo, não eram explicadas pelo eletromagnetismo que o físico e matemático escocês James Clerk Maxwell (1831-1879) desenvolvera. Por exemplo, segundo esse eletromagnetismo, quanto mais intensa a radiação eletromagnética incidente em um material fotoelétrico, maior seria a velocidade do elétron arrancado. Além do mais, como essa radiação era distribuída em uma onda, de acordo com o eletromagnetismo Maxwelliano, era necessário um tempo razoável para que tal radiação arrancasse elétrons do material emissor.

Esse fenômeno foi explicado pelo físico Albert Einstein (1879-1955), em 1905 com sua interpretação quântica da luz. A ideia de Einstein era bastante simples, pois admitiu que a energia da radiação eletromagnética não era distribuída uniformemente sobre as frentes de ondas de frequência e sim, concentrada em pequenas regiões, isto é, eram verdadeiros “pacotes” de energia denominados por Einstein de Lichtquantum (“quantum de luz”). Portanto, no efeito fotoelétrico, o “quantum de luz” ao colidir com um elétron do átomo emissor, cede uma parte de sua energia ao elétron, que o utiliza para vencer a energia de ligação que o liga ao átomo, e a diferença, pelo Princípio da Conservação da Energia, é a energia cinética com que o elétron sai do material. Observe-se que o quantum de luz recebeu o nome de fóton, em 1926 pelo químico norte-americano Gilbert Newton Lewis (1875-1946), e que o Prêmio Nobel de física de 1921 recebido por Einstein foi devido a sua explicação do efeito fotoelétrico.

1.2. A Luz

A luz está sempre presente na nossa vida, seja a luz do sol, da chama de uma vela, das lâmpadas, dos aparelhos eletrônicos, em uma obra de arte ou até na luz interior das pessoas. Mas afinal, o que é a Luz?

De acordo com Alvarenga e Máximo (2013) na antiguidade, filósofos da Grécia Antiga, como Platão e Aristóteles, já questionavam sobre a natureza da luz e sobre o fato de conseguirmos ver os objetos. Aristóteles considerava a luz um fluido imaterial que se propagava entre os olhos e o objeto visto. Platão chegou a supor que se tratava de um raio emitido pelos nossos olhos, que se propagava na direção dos objetos, envolvendo-os e retornando aos olhos, proporcionando a visão.

Mas essas hipóteses não eram suficientes para explicar um grande número de fenômenos luminosos que ocorrem na natureza. Portanto, desde o século XVII, cientistas importantes nesta época como Newton, Huyghens, Young e Maxwell, buscaram aperfeiçoá-las, apresentando novas ideias sobre a natureza da luz.

Segundo Guimarães (2013), ideias como de que a luz fosse composta de pequenas partículas que se propagavam em linha reta com alta velocidade predominaram durante muitos séculos até que, por volta de 1500, Leonardo da Vinci, notou a semelhança entre

a reflexão da luz e o fenômeno do eco, propôs a questão de que a luz, assim como o som, poderia ser um tipo de movimento ondulatório.

Essas duas hipóteses sobre a natureza da luz fizeram com que no século XVII, surgisse dois grandes segmentos científicos: um deles conduzido pelo físico inglês Isaac Newton (1643-1727) que defendia a ideia de que a luz era composta de pequenos corpúsculos, ou seja, partículas, apresentando a teoria conhecida como modelo corpuscular da luz; e a outra liderada pelo físico holandês Christian Huyghens (1629-1695) que defendia a hipótese de que a luz seria uma onda, apresentando o modelo ondulatório da luz. Essas diferentes concepções sobre a natureza da luz causaram muita polêmica entre estes célebres cientistas, tornando-se assim um marco histórico da física, vale destacar que estas diferentes opiniões só foram esclarecidas no século XIX, anos após a morte de Huyghens e Newton.

Ainda conforme Alvarenga e Máximo (2013), Newton tentou justificar a teoria corpuscular da luz, fazendo a comparação com pequenas esferas que ao colidirem elasticamente contra uma superfície lisa são refletidas de tal maneira que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão, precisamente como ocorre com a luz. Então, conforme o fenômeno da reflexão, a luz pode ser considerada como um feixe de partículas que se refletem elasticamente ao colidirem com uma superfície lisa. Newton explicou o fenômeno da refração considerando um feixe luminoso que se propaga no ar e ao penetrar na água refrata-se e se aproxima da normal, isso acontece por que as partículas que formam o feixe, ao se aproximarem da água sofrem ação de uma força de atração que mudaria a direção no movimento delas, logo a ação da força sobre as partículas seria a causa da refração do feixe de luz. Veja que, como resultado desta ação, a velocidade das partículas iria aumentar quando elas penetrassem na água, ou seja, a velocidade na água é maior que a velocidade no ar. Mas naquele tempo, não existiam métodos capazes de medir a velocidade da luz com precisão suficiente, então não se pôde comprovar a certeza desta conclusão.

Com isso, o modelo ondulatório também era capaz de explicar os fenômenos da reflexão e refração da luz, pois qualquer onda se reflete e se refrata obedecendo as mesmas leis. Todavia, no século XIX, observou-se na luz o fenômeno da interferência, que é característico do movimento ondulatório, esse fato visto com feixes luminosos mostrou-se uma evidência imensamente positiva ao modelo ondulatório.

Conforme Guimarães (2013), em 1801, o físico e médico inglês, Thomas Young (1773-1829) foi o primeiro a demonstrar, experimentalmente, o fenômeno de interferência luminosa. No experimento proposto por Young, são utilizados três anteparos, sendo o primeiro composto por um orifício, onde ocorre difração da luz incidida, o segundo, com dois orifícios, postos lado a lado, causando novas difrações. No último, são projetadas as manchas causadas pela interferência das ondas resultantes da segunda difração. Ao substituir-se estes orifícios por fendas muito estreitas, as manchas tornam-se franjas, facilitando a visualização de regiões mais bem iluminadas (máximos) e regiões mal iluminadas (mínimos). Observa-se que o máximo de maior intensidade acontece no centro, e que após este máximo, existem regiões de menor intensidade de luz, e outras de mínimos, intercalando-se. A experiência realizada por Young teve grande repercussão entre os cientistas e teve por consequência a aceitação da teoria ondulatória.

Foi em 1862 que o físico francês Leon Foucault (1819-1868), conseguiu medir a velocidade da luz na água e mostrou que seu valor era menor do que no ar, ao contrário do que previa a teoria corpuscular de Newton quando explicou a refração. Este importante fato pôs ao fim uma disputa que perdurou por mais de 150 anos. Foucault, para medir a velocidade da luz, utilizou o método dos espelhos girantes proposto por Fizeau em 1849, mas ele fez a luz percorrer distâncias muito menores do que as propostas anteriormente, conseguindo assim, medir a velocidade da luz com maior precisão.

O físico escocês James Clerk Maxwell (1831-1879) ampliou os conhecimentos sobre o assunto, chegando à teoria eletromagnética, colaborando com o caráter ondulatório da luz. Maxwell mostrou que quando a luz se propaga através de um meio, ela o faz com uma velocidade determinada. Essa velocidade é extremamente alta quando comparada com velocidades registradas em fenômenos cotidianos. No vácuo, a velocidade de propagação da luz, qualquer que seja a frequência ou cor, é de aproximadamente $3,0 \times 10^5$ km/s ou $3,0 \times 10^8$ m/s. É no vácuo que a luz atinge sua maior velocidade.

Mas, segundo Fuke (2010), em 1905 foi que o físico alemão Albert Einstein (1879-1955) comprovou a dualidade onda partícula da luz, explicando satisfatoriamente esse efeito, através da teoria do efeito fotoelétrico, trabalho esse que lhe rendeu o prêmio Nobel, mas para comprovar essa teoria, precisava-se considerar a teoria corpuscular da luz. Foi então que Einstein, deu o nome à partícula luminosa de fóton, que como qualquer

outra partícula, possui uma certa energia (E), logo, a relação entre energia e frequência (f) é proporcional e está relacionada pela constante de Plank (h) e é expressa pela equação:

$$E = h.f$$

Expressando a frequência e a constante de proporcionalidade através de característica angular, temos que:

$$\omega = 2\pi f \rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi}$$

E sabendo que:

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} \rightarrow h = 2\pi\hbar$$

Podemos assim determinar a energia do fóton:

$$E = h.f \rightarrow E = 2\pi\hbar \cdot \frac{\omega}{2\pi} \rightarrow E = \hbar \cdot \omega$$

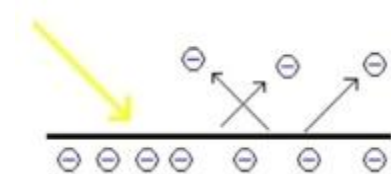
Para Alvarenga e Máximo (2013), pode-se dizer que um fóton é formado durante a transição de um elétron de um átomo entre dois estados de energias diferentes, o elétron ao passar de uma camada mais interna para uma mais externa recebe energia, e ao retornar para o estado inicial, emite essa energia, portanto o fóton correspondente a essa diferença energética. Os fótons são partículas elementares que viajam com a velocidade da luz, portanto, não tem massa e nem carga.

Conforme visto anteriormente, podemos dizer que a luz tem caráter dual, ou seja, ela se comporta como onda ou como partícula, de acordo com o fenômeno analisado. Portanto, os fótons em alguns fenômenos exibem mais claramente a natureza ondulatória, como no experimento de interferência de Young, e em outros se torna mais evidente a natureza de partículas, como no efeito fotoelétrico. Dessa forma, os dois modelos se complementam perfeitamente.

1.3. O Efeito Fotoelétrico

De acordo com Guimarães, Piqueira e Carron o efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons por um material, geralmente metálico, quando exposto a uma radiação eletromagnética, como um feixe de luz por exemplo, de frequência suficientemente alta, após eles terem absorvido certa quantidade de energia, dependendo também do material. Ele pode ser observado quando a luz incide numa placa de metal, literalmente arrancando elétrons da placa (fig. 1)

Figura 1 - Placa metálica incidida por luz e perdendo elétrons devido ao efeito fotoelétrico.



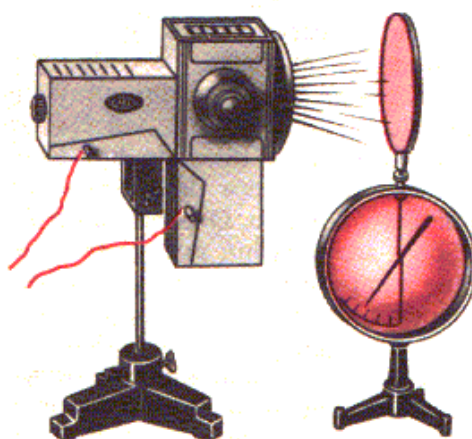
Fonte: <http://www.infoescola.com/fisica/efeito-fotoeletrico>

Os elétrons que giram à volta do núcleo são aí mantidos por forças de atração. Se a estes for fornecida energia suficiente, eles abandonarão as suas órbitas. O efeito fotoelétrico implica que, normalmente sobre metais, se faça incidir um feixe de radiação com energia superior à energia de remoção dos elétrons do metal, provocando a sua saída das órbitas: sem energia cinética, quando a energia da radiação for igual à energia de remoção, ou com energia cinética, quando a energia da radiação for maior que a energia de remoção dos elétrons.

Para se observar o efeito fotoelétrico, pode-se utilizar um eletroscópio de folhas (fig. 2, pág.19). No eletroscópio monta-se uma lâmina de zinco. Se a lâmina estiver carregada positivamente, com auxílio de um arco voltaico, não influi na velocidade de descarga do eletroscópio. No entanto, se a lâmina estiver carregada negativamente, o feixe de luz do arco descarrega o eletroscópio com grande rapidez.

Este fato só pode ser explicado de uma maneira. A luz provoca a emissão de elétrons pela superfície da lâmina. Quando a lâmina está carregada negativamente, repele os elétrons e o eletroscópio descarrega-se. Quando está carregada positivamente, os elétrons emitidos sob a ação da luz são atraídos e voltam ao eletroscópio. É por esta razão que a carga do eletroscópio não varia.

Figura 2 - Emissão de luz em um eletroscópio de folhas



Fonte: http://www.fisica.net/einsteinjr/1/efeito_fotoeletrico_introducao.html

No entanto, quando o feixe de luz é interceptado por um vidro normal, a lâmina carregada deixa de perder elétrons, independentemente da intensidade do feixe de luz. Como é conhecido que o vidro absorve os raios ultravioletas, pode concluir-se que é precisamente a parte ultravioleta do espectro que provoca o efeito fotoelétrico. Este fato, apesar de simples, não pode ser explicado com base na teoria ondulatória da luz. Não se compreende por que é que as ondas de luz de pequena frequência não provocam a emissão de elétrons mesmo nos casos em que a amplitude da onda, e, portanto, a força com que ela atua nos elétrons, são grandes.

Ainda segundo Alvarenga e Máximo (2013), a grande dúvida que se tinha a respeito do efeito fotoelétrico era que quando se aumentava a intensidade da luz, ao contrário do esperado, a luz não arrancava os elétrons do metal com maior energia cinética. O que acontecia era que uma maior quantidade de elétrons era ejetada.

Por exemplo, a luz vermelha de baixa frequência estimula os elétrons para fora de uma peça de metal. Na visão clássica, a luz é uma onda contínua cuja energia está espalhada sobre a onda. Todavia, quando a luz fica mais intensa, mais elétrons são ejetados, contradizendo, assim a visão da física clássica que sugere que os mesmos deveriam se mover mais rápido, ou seja, com energia cinética, do que as ondas.

Quando a luz incidente é de cor azul, essa mudança resulta em elétrons muito mais rápidos. Um fóton azul, por exemplo, contém mais energia do que um fóton vermelho. Assim, o fóton azul age essencialmente como uma bola de bilhar com mais energia, desta

forma transmitindo maior movimento a um elétron. Esta interpretação corpuscular da luz também explica por que a maior intensidade aumenta o número de elétrons ejetados - com mais fótons colidindo no metal, mais elétrons têm probabilidade de serem atingidos.

Segundo Guimarães, Piqueira e Carron (2013), para se obter uma ideia mais completa sobre o efeito fotoelétrico é necessário determinar de que é que depende o número de elétrons emitidos, sob a ação da luz, por uma superfície e a velocidade ou energia cinética desses elétrons. Com este objetivo foram levadas a cabo investigações experimentais, que passamos a descrever. Colocam-se dois eletrodos num balão de vidro do qual se retirou previamente o ar (fig. 3, pag. 22). Num dos eletrodos, através de uma janela de quartzo, transparente não só para a luz visível como também para a radiação ultravioleta, incidem os raios de luz. Com a ajuda de um potenciômetro faz-se variar a diferença de potencial entre os eletrodos, medindo-a por meio de um voltímetro. O pólo negativo da pilha liga-se ao eletrodo iluminado. Sob a ação da luz, este eletrodo emite elétrons que, ao movimentarem-se no campo elétrico, criam corrente elétrica. Quando o potencial é pequeno, nem todos os elétrons atingem o outro eletrodo. Se ao aumentar a diferença de potencial entre os eletrodos e não se alterar o feixe de luz, a intensidade da corrente aumenta, atingindo o valor máximo, depois do que deixa de crescer (fig. 4, pag. 22). O valor máximo da intensidade da corrente (I_s) chama-se corrente de saturação. A corrente de saturação é determinada pelo número de elétrons emitidos num segundo pelo eletrodo iluminado.

Variando, nesta experiência, o feixe luminoso, determinou-se que o número de elétrons emitidos pela superfície do metal num segundo é diretamente proporcional à energia da onda de luz, absorvida durante o mesmo intervalo de tempo. Neste fato não há nada de inesperado, já que quanto maior é a energia do feixe de luz, mais eficaz se torna a sua ação.

Vamos agora medir a energia cinética, ou seja, a velocidade dos elétrons. No gráfico da (fig. 4, pag. 22) vê-se que a intensidade da corrente fotoelétrica é diferente de zero mesmo quando a diferença de potencial é nula. Isto significa que, mesmo na ausência de diferença de potencial, uma parte dos elétrons atinge o eletrodo direto (fig. 3). Se ao alterar a polaridade da bateria, a intensidade da corrente diminui até se anular, quando o potencial de polaridade inversa atinge o valor (U_p), significa que os elétrons emitidos são detidos e forçados a voltar para trás, sob a ação do campo elétrico.

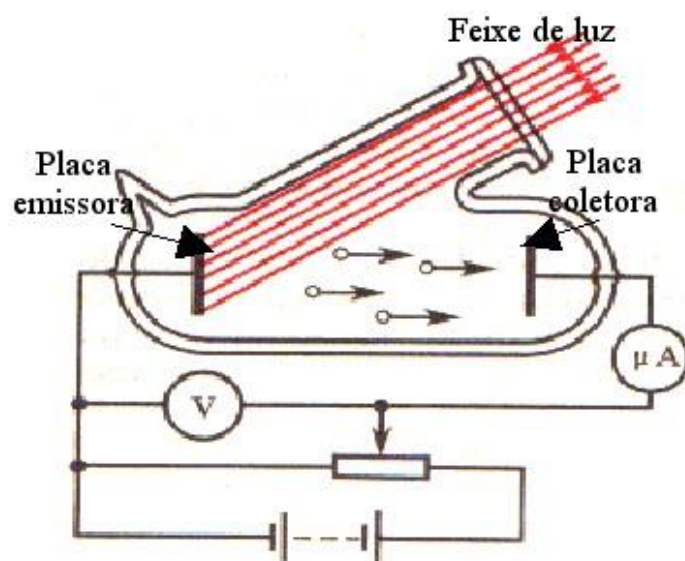
O potencial de paragem (U_p) depende do valor máximo da energia cinética que os elétrons emitidos atingem sob a ação da luz. A medição do potencial de paragem e o teorema da energia cinética permitem calcular energia cinética máxima dos elétrons:

$$\boxed{\frac{mv^2}{2} = eU_p}$$

Provou-se experimentalmente que o potencial de paragem não depende da intensidade da luz, energia transmitida ao eléctrodo por unidade de tempo. Nem se altera, portanto, a energia cinética dos elétrons. Do ponto de vista da teoria ondulatória, este fato é incompreensível já que, quanto maior for a intensidade da luz, maiores são as forças que se exercem sobre os elétrons por parte do campo eletromagnético da onda luminosa e, portanto, mais energia deveria ser transmitida aos elétrons.

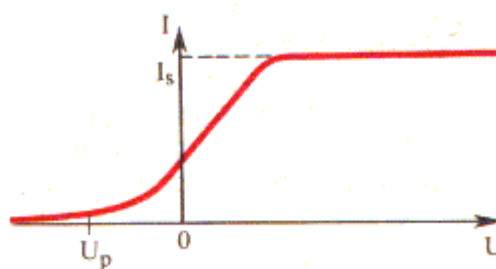
Percebeu-se experimentalmente que a energia cinética dos elétrons emitidos sob a ação da luz só depende da frequência da luz. A energia cinética máxima dos fotoelétrons é proporcional à frequência da luz e não depende da intensidade desta. O efeito fotoelétrico não se verifica quando a frequência da luz é menor do que um dado valor mínimo (f_{min}), dependente do material do eléctrodo.

Figura 3 - Balão de vidro sem ar contendo dois eletrodos



Fonte: http://www.fisica.net/einsteinjr/1/efeito_fotoeletrico_introducao.html

Figura 4 - Gráfico da intensidade da corrente fotoelétrica



Fonte: http://www.fisica.net/einsteinjr/1/efeito_fotoeletrico_introducao.html

Ainda, segundo Guilherme, Piqueira e Caron (2013), a energia cinética do elétron fotoelétrico pode ser calculada aplicando a lei da conservação de energia. A energia de uma porção de luz, $h \cdot f$ permite realizar o trabalho de arranque W , isto é, o trabalho indispensável para arrancar um elétron do seio do metal e comunicar-lhe uma certa energia cinética. Por conseguinte,

$$h \cdot f = W + \frac{mv^2}{2}$$

Esta equação permite esclarecer todos os fatos fundamentais relacionados com o efeito fotoelétrico. A intensidade da luz, segundo Einstein, é proporcional ao número de quantum, porções, de energia contido no feixe luminoso e, por conseguinte, determina o número de elétrons arrancados da superfície metálica. A velocidade dos elétrons é dada apenas pela frequência da luz e pelo trabalho de arranque, que depende da natureza do metal e da qualidade da sua superfície. Atenda-se a que a velocidade dos elétrons não depende da intensidade da luz.

Para uma dada substância, o efeito fotoelétrico pode observar-se apenas no caso de a frequência f da luz ser superior ao valor mínimo f_{min} . Convém reparar que para se poder arrancar um elétron do metal, mesmo sem lhe comunicar energia cinética, há que realizar o trabalho de arranque W . Portanto, a energia de um quantum deve ser superior a este trabalho:

$$h \cdot f > W$$

A frequência limite f_{min} tem o nome de limite vermelho do efeito fotoelétrico e calcula-se pela seguinte fórmula:

$$f_{min} = \frac{W}{h}$$

O trabalho de arranque W depende da natureza da substância. Portanto, a frequência limite f_{min} do efeito fotoelétrico (dito limite vermelho) varia de substância para substância.

Por exemplo, ao limite vermelho do zinco corresponde o comprimento de onda $\lambda_{max} = 3,7 \cdot 10^{-7} m$ (radiação ultravioleta). É precisamente por isso que se explica o fato do efeito fotoelétrico passar quando se interpõe uma lâmina de vidro, capaz de deter raios ultravioletas.

O trabalho de arranque no alumínio ou no ferro é maior do que no zinco, razão por que na primeira experiência se utilizou uma lâmina de zinco. Nos metais alcalinos, pelo contrário, o trabalho de arranque é menor, ao passo que o comprimento de onda λ_{max} correspondente ao limite vermelho é maior. Assim, por exemplo, relativamente ao sódio verifica-se $\lambda_{max} = 6,8 \cdot 10^{-7}m$.

Através da equação de Einstein é possível calcular a constante de Planck h . Para tal há que determinar experimentalmente a frequência f da luz, o trabalho de arranque W e avaliar a energia cinética dos elétrons fotoelétricos. Avaliações e cálculos apropriados mostram que $h = 6,63 \cdot 10^{-34}J.s$. O mesmo valor numérico foi obtido por Planck durante o estudo teórico de outro fenómeno diferente que é a radiação térmica. O fato de terem coincidido os valores da constante de Planck obtidos por métodos diferentes, confirma a certeza da hipótese acerca do caráter descontínuo da emissão e absorção da luz pelas substâncias.

O efeito fotoelétrico foi esclarecido por Einstein, quando ele postulou que qualquer forma de energia poderia ser quantizada, ele denominou os elementos de onda cuja energia é compartimentada em quanta de fóton.

Mas nem toda radiação provoca o efeito fotoelétrico, só as mais energética, por exemplo, quando uma placa for iluminada por uma luz vermelha (luz de baixa energia), os elétrons emitidos também apresentam baixa energia, mesmo que a fonte tenha grande intensidade, mas quando a placa for iluminada por uma luz azul (luz de alta energia), os elétrons emitidos também apresentam alta energia, pois fótons de baixa energia produzirão um feixe de elétrons ejetados com baixa energia, assim com fótons de alta energia produzirão feixes de elétrons de alta energia.

Cada fóton carrega um quantum de luz e a energia de cada fóton (quantum de energia de energia de radiações eletromagnéticas) é proporcional à sua frequência, cada um dos fótons cede sua energia a um único elétron, e cada elétron que escapa do metal deve absorver um mínimo de quantidade de energia. Como não existem frações de um fóton, um elétron absorve um fóton ou nada absorve.

O efeito fotoelétrico é provocado nas células fotoelétricas (fig. 5, pag. 25) ou fotocélulas que são dispositivos que têm a capacidade de transformar energia luminosa, seja ela proveniente do Sol ou de qualquer outra fonte, em energia elétrica, elas podem funcionar tanto como geradora de energia elétrica ou mesmo como sensor capaz de medir

a intensidade luminosa. Essas células são constituídas por um cátodo, cuja superfície côncava é revestida por uma camada fina de metal alcalino ou prata, um ânodo e uma ampola de vidro. O cátodo é ligado ao polo negativo da bateria e o ânodo, ao polo positivo. A luz que incide no cátodo libera elétrons que são atraídos pelo ânodo, estabelecendo uma corrente elétrica no circuito.

Figura 5 - Célula fotoelétrica



Fonte: http://www.fisica.net/einsteinjr/1/efeito_fotoeletrico_introducao.html

O efeito fotoelétrico tem larga aplicação no cotidiano como, por exemplo, nas portas que se abrem sozinhas, nas luzes que acendem e apagam automaticamente, nos alarmes que se ligam e desligam sozinhos, na contagem do número de pessoas que passam por um determinado local, fotômetros de máquinas fotográficas, entre outros.

CAPÍTULO 2: TDIC E SUAS CONTRIBUIÇÕES NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

2.1. Aprendizagem Significativa de Ausubel

Para Marco Antônio Moreira (1998) *"[...]a aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo"* (MOREIRA, 1998, p. 5), ou seja, os novos conhecimentos adquiridos em cada fase relacionam-se com o conhecimento prévio que o estudante possui, *"[...] o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; determine isso e ensine-o de acordo."* (AUSUBEL *apud* MOREIRA; MASINI, 1982, p. 8)

Ausubel, em sua teoria, define este conhecimento prévio como "conceito subsunçor" ou simplesmente "subsunçor". Os subsunçores são estruturas específicas de conhecimento ao qual uma nova informação pode ser agregada as informações já existentes produzindo novas aprendizagens.

A aprendizagem de significados (conceitos) é aquela mais relevante para os seres humanos. Ele ressalta que a maior parte da aprendizagem acontece de forma receptiva, e desse modo à humanidade tem se amparado para transmitir as informações ao longo das gerações. Uma de suas contribuições é marcar claramente a distinção entre aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica, essa acontece quando o conteúdo a ser aprendido não consegue ligar-se a algo já conhecido, ou seja, temos uma aprendizagem mecânica quando as novas informações são assimiladas momentaneamente sem interagirem com conceitos importantes existentes na estrutura cognitiva do estudante, sendo então guardadas de aleatoriamente. Assim, o estudante decora fórmulas, leis, macetes para provas e esquece logo após a avaliação. De acordo com Moreira (1982):

Ausubel define aprendizagem mecânica (*rote learning*) como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma associação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Neste caso, a nova informação é armazenada de maneira arbitrária. Não há interação entre a nova informação e aquela já armazenada. O conhecimento assim adquirido fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos. (MOREIRA; MASSINI, 1982, p. 9).

De acordo com a aprendizagem significativa, temos três vantagens essenciais em relação à aprendizagem mecânica. Em primeiro lugar, o conhecimento que se adquire de

maneira significativa é retido e lembrado por mais tempo. Em segundo, aumenta a capacidade de aprender outros conteúdos de uma maneira mais fácil, mesmo se a informação original for esquecida. E, em terceiro, uma vez esquecida, facilita a aprendizagem seguinte – a “reaprendizagem”, para dizer de outra maneira.

Ausubel destaca que os conceitos estudados precisam provocar sentido para o aluno no processo de ensino e as novas informações necessitam interagir e fundar-se nos conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno. Assim que a aprendizagem significativa se comprova quando o banco de dados do plano mental do aluno aparece. Sugere que, nesse processo, é necessária a utilização de organizadores prévios para amparar a nova aprendizagem, fazendo com que o aluno desenvolva os conceitos subsunçores, de modo a viabilizar a aprendizagem seguinte.

Os organizadores prévios são informações e recursos introdutórios, que devem ser apresentados antes do conteúdo que será trabalhado, são ferramentas apresentadas para introduzir o conteúdo a ser apresentado. Os organizadores devem funcionar como elemento atrativo para o aluno, com a intenção de provocar o interesse e vontade do aluno em aprender. Sua elaboração deve ser pensada de maneira prática e conhecida, ou seja, familiar ao aluno, mas precisa ser considerada como um material de valor pedagógico.

Organizadores prévios não são simples comparações introdutórias, pois, diferentemente destas, organizadores prévios, devem segundo Moreira (1982):

- 1 - Identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material;
- 2 - Dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes;
- 3 - Prover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração, mais eficientemente, e ponham em melhor destaque o conteúdo específico do novo material. (MOREIRA MASSINI, 1982, p. 13)

Para Ausubel, a função primordial dos organizadores prévios é a de servir de ponte entre o que aprendiz já sabe e o que ele deveria saber a fim de que o novo material pudesse ser aprendido de forma significativa.

Para que ocorra a aprendizagem significativa, segundo Santos (2009), é necessário que:

- O material a ser assimilado seja Potencialmente Significativo, ou seja, não arbitrário em si. Mesmo materiais arbitrários então, podem ser tornados significativos através de organizadores prévios.
- Ocorra um conteúdo mínimo na Estrutura Cognitiva do indivíduo, com subsunçores em suficiência para suprir as necessidades relacionais.

- O aprendiz apresente uma disposição para o relacionamento e não para simplesmente memorizá-lo mecanicamente muitas vezes até simulando uma associação. Muito comum em estudantes acostumados a métodos de ensino, exercícios e avaliação repetitivos e rigidamente padronizados. (SANTOS, 2009, p.55)

A Teoria da aprendizagem de Ausubel consiste, portanto, em facilitar a aprendizagem do aluno.

A aprendizagem significativa é essencial ao processo de ensino-aprendizagem, fundamental para o novo papel do professor e a função social da escola.

2.2. A Física Moderna e Contemporânea

No final do século XIX e início do século XX, os avanços do conhecimento científico foram muito significativos. Nesta época predominava a impressão de que a humanidade deixara no passado seu pouco conhecimento sobre o universo e estava às margens do saber absoluto. As leis da física, até o presente momento estavam tão firmemente confirmadas pelo conhecimento e experiências vivenciadas que se acreditava que o equacionamento completo da natureza era um fator quase resolvido. Faltavam ainda algumas peças do quebra-cabeças, mas isso parecia insignificante frente a tudo o que já se sabia. Os pequenos problemas que ainda restavam para ser resolvidos, se situavam em áreas vizinhas de seus respectivos domínios, longe das questões que já estavam respondidas. Segundo Renn (2004):

Os problemas das fronteiras da física clássica nos obrigam a repensar os conceitos existentes ou mesmo reelaborá-los, e ensinam que áreas diferentes podem ter conceitos compatíveis e abrangentes. As ‘nuvens no horizonte’ terminaram por fazer a revolução da mecânica quântica, da mecânica relativística e da mecânica estatística. (RENN, 2004, p.30)

Felizmente, alguns cientistas viram a ciência como algo inacabado, que há sempre novas descobertas a serem feitas. Devido a essas inquietudes, recentes avanços foram revelados e a natureza mostrou novos e inesperados aspectos. Surge então a física moderna e contemporânea, essa nova física rompeu com os paradigmas da física clássica, apresentou ideias revolucionárias ou até absurdas para a época, no entanto foram aceitas após terem comprovação experimental.

Passaram-se mais de cem anos desde a publicação dos trabalhos do físico alemão Max Planck sobre a quantização da energia e mais de cem anos das publicações de Einstein sobre o efeito fotoelétrico e a relatividade restrita. Apesar desses acontecimentos

terem ocorrido há mais de um século, eles foram os pilares da construção da física moderna. Pois eles solucionaram os problemas existentes naquela época.

De acordo com Guimarães, Piqueira e Caron (2013):

Sem os avanços que essa nova abordagem da natureza física da matéria, do espaço e do tempo trouxe para nossos dias, ainda seria possível a concepção de invenções como os aviões, os automóveis e muitas outras máquinas. No entanto, certamente não existiriam as células fotoelétricas que controlam as portas de elevadores, bem como as utilizadas na cronometragem, os telefones celulares, as cirurgias a laser, a ressonância magnética, a injeção eletrônica, que aprimorou o desempenho dos motores, os CDs e, sobretudo, os computadores. (GUIMARÃES PIQUEIRA CARRON, 2013, p.197)

Claramente, essa nova física tem proporcionado um desenvolvimento tecnológico sem precedentes. A aplicação de seus conceitos tem produzido profundas mudanças na eletrônica, na medicina, entre outros, e, conseqüentemente, no nosso modo de vida.

Porém, ainda é falho o ensino da Física Moderna e Contemporânea nas escolas de educação básica, os currículos de física, em geral, são muito pobres e semelhantes. Os conceitos físicos estudados na escola são basicamente concentrados em temas como Mecânica, Física Térmica, Ondas, óptica e Eletromagnetismo, deixando a Física Moderna em segundo plano. Apesar dos novos livros didáticos englobarem o conteúdo, muitos professores não se sentem seguros a desenvolverem tal assunto com seus estudantes. Assim, os conteúdos que abrangem a Física Moderna, não atingem os nossos estudantes. Menos ainda os desenvolvimentos mais recentes da Física Contemporânea.

Como sabemos, fenômenos cotidianos vivenciados nos dias de hoje, bem como artefatos utilizados para melhorar a qualidade de vida das pessoas, somente são compreendidos se alguns conceitos estabelecidos a partir da virada deste século forem compreendidos. A interferência crescente dos conceitos de Física Moderna e Contemporânea para a percepção do mundo criado pelo homem atual, bem como a ação consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mesmo mundo, impõe, por si só, a necessidade de debatermos e estabelecermos formas de incluir tais conteúdos no ensino médio.

A cosmologia, no sentido amplo de visão de mundo, e inúmeras tecnologias contemporâneas, são diretamente associadas ao conhecimento físico, de forma que um aprendizado culturalmente significativo e contextualizado da Física transcende naturalmente os domínios disciplinares estritos. E é essa Física que há de servir aos estudantes para compreenderem a geração de energia nas estrelas ou o princípio de conservação que explica a permanente inclinação do eixo de rotação da Terra relativamente ao seu plano de translação. Também é visão de mundo, além de conhecimento prático essencial a uma educação básica, compreender a operação de um motor elétrico ou de combustão interna, ou os princípios que presidem as modernas telecomunicações, os transportes,

a iluminação e o uso clínico, diagnóstico ou terapêutico, das radiações. (BRASIL, 1999, p.212)

A inserção de temas da física moderna e contemporânea é, portanto, essencial para promover nos estudantes o desenvolvimento da capacidade de compreender o mundo atual, contribuindo para a verdadeira formação de um cidadão possuidor de uma cultura científica, de forma que tenha condições de interpretar os fatos cotidianos e de se posicionar frente ao uso da tecnologia, presente em cada ação da nossa vida.

Diante dessa realidade, que envolve uma ciência tão presente e ao mesmo tempo tão desconhecida, torna-se evidente a preocupação com o ensino de temas de física moderna e contemporânea no Ensino Médio, em todos os seus aspectos e sentidos, mostrando sua evolução e transformação, cabe ao professor também se motivar para tanto, e ir em busca de alternativas, ter interesse, estudar e desenvolver métodos para enriquecer a prática do ensino de física moderna e contemporânea no Ensino Médio.

2.3. O uso das tecnologias digitais no Ensino da Física Moderna e Contemporânea

O uso das tecnologias digitais no processo ensino aprendizagem tem-se apresentado, nos últimos tempos, o assunto mais debatido entre os formuladores das políticas de ensino. Todos os projetos de inclusão de tecnologias no ambiente educacional, têm como objetivo a sua utilização para melhorar a prática pedagógica, promover um aprendizado significativo e fazer com que os estudantes ao lançar mão desta tecnologia vão em busca da construção do seu conhecimento. Para TAJRA (2001):

O uso da informática, de forma positiva dentro de um ambiente educacional, irá variar de acordo com a proposta. [...] Em função da gama de ferramentas disponíveis nos softwares, os alunos, além de ficarem mais motivados, também tornam-se mais criativos. [...] A curiosidade é outro elemento bastante aguçado com a informática, visto que é ilimitado o que se pode aprender e pesquisar com os softwares e sites da internet disponíveis. [...] Alunos com dificuldades de concentração tornam-se mais concentrados. [...] Esses ambientes favorecem uma nova socialização que, às vezes, não conseguimos nos ambientes tradicionais. [...] Estímulo a uma forma de comunicação voltada para a realidade atual de globalização. (TAJRA, 2001, p. 61)

Pesquisas recentes mostram que a utilização de ferramentas tecnológicas no ensino em geral, e em específico no Ensino da Física, tem contribuído de forma relevante, para a compreensão por parte dos estudantes dos conceitos físicos. A seleção e integração dos recursos tecnológicos disponíveis aos recursos tradicionais, livros, jornais, revistas tem meta tornar a aprendizagem mais estimulante, criativa e efetiva a partir da elaboração de novas situações de aprendizagem.

Nas últimas décadas, as tecnologias se destacam no cenário mundial, de diversas maneiras. Hoje, recebemos estudantes jovens, criados em uma sociedade já informatizada em diversos aspectos, eles já manipulam com relativa facilidade as tecnologias existentes. Existe muita informação e conhecimento disponível fora dos portões da escola, como por exemplo nas redes de conexão virtual. Isso nos leva a pensarmos que a escola precisa saber utilizar as tecnologias de informação e lidar com as pessoas de maneira positiva e transformadora, repensando as práticas didáticas.

Por exemplo, é possível acessar aplicativos, vídeos, imagens, simulações, animações, textos e apresentações online, desenvolvendo por meio dos recursos digitais, projetos cujo protagonista é o próprio estudante. É nesse contexto que a escola deve ir em busca de novas formas didáticas de desenvolver o currículo e o professor adequar seus métodos e planos a nova gama de recursos e possibilidades. Moran (1995) apresenta algumas situações de uso de vídeos em aula, das quais destacamos:

Vídeo como sensibilização: para introduzir um novo assunto, despertar a curiosidade e motivar os alunos. Vídeo como ilustração: como forma de apresentar cenários desconhecidos aos alunos. Vídeo como simulação: para mostrar, por meio de simulação, processos químicos, por exemplo. Vídeo como conteúdo de ensino: para informar sobre conteúdo específicos. Vídeo como produção: registro do trabalho desenvolvido, intervenção ou expressão. (MORAN, 1995, p. 6)

Na área das ciências exatas, uma nova possibilidade interessante que surgiu são os laboratórios virtuais que funcionam com o uso orientado de simuladores, neles experimentos práticos podem ser observados como perspectiva complementar ao laboratório tradicional, possibilitando abordar temas mais complexos, interagir ou adicionar visualizações gráficas ou projeções antes impensáveis. Guimarães, Piqueira e Carron (2013) destacam que:

Animações e simulações, por intermédio das características de visualização dinâmica de modelos científicos e da interatividade citados, possibilita um entendimento que antes nem mesmo alguns professores eram capazes de alcançar. [...]. As variáveis que podem ser agregadas as programações computacionais por detrás das simulações, além de admitirem alterações de forma mais dinâmica que a atividade experimental, abrangem um número muito maior de possibilidades. Além disso, a diversificação de parâmetros pode ser viabilizada em um tempo didático, por vezes, inferior aquele gasto com o quadro negro ou com atividade experimental. (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2013, p. 334)

A Física apresentada ao estudante desta forma permite que os mesmos, sintam-se mais motivados e tenham sua curiosidade aguçada. O uso dessas novas tecnologias, trazem-nos alguns novos indicativos que podem ser percebidos durante sua utilização no processo de ensino-aprendizagem, de modo mais específico no Ensino de Física.

O professor tem em seu alcance, várias opções metodológicas, um vasto leque de possibilidades de organizar sua interação com os estudantes, de introduzir as ferramentas tecnológicas no currículo, de trabalhar com os estudantes presencial e virtualmente, de avaliá-los. Cada docente pode encontrar sua maneira mais adequada de integrar os inúmeros recursos tecnológicos e procedimentos metodológicos no seu dia a dia. Mas também é importante que amplie sua forma de ver a educação, que aprenda a dominar as novas tecnologias para sugar delas todas as possibilidades oferecidas e assim revolucionar a maneira de ensinar.

CAPÍTULO 3: SEQUÊNCIA DIDÁTICA DESENVOLVIDA

De acordo com pesquisas feitas para elaboração dessa proposta, vimos que o assunto Física Moderna e Contemporânea nem sempre é estudado ou explorado nas escolas, o que acarreta uma falta de interesse dos estudantes nesse estudo. Este conteúdo aparece geralmente no final do livro didático da 3ª série do Ensino Médio, sendo que muitos não fazem referência as pesquisas que existem nesta área. O efeito fotoelétrico é apresentado aos estudantes brevemente, sem aprofundar seu estudo, como por exemplo, a evolução dos conceitos e dos avanços ocorridos.

Para a realização dessa proposta de ensino sobre o efeito fotoelétrico, elaborou-se uma sequência didática, com o objetivo de examinar se o conteúdo, quando apresentado de forma contextualizada, aportada na teoria da aprendizagem significativa proposta por Ausubel, com o uso de tecnologias, favorece a aquisição de conceitos da Física.

Um segundo objetivo do trabalho foi descrever como os estudantes do segundo ano do EM aceitam e se envolvem nesse estudo, ou seja, examinar se a proposta apresentada pela teoria beneficia a participação dos estudantes e facilita a aquisição dos conceitos necessários para a aprendizagem do efeito fotoelétrico. Sendo que a teoria serviu de suporte para o professor apresentar o conteúdo em sala de aula. Em suma, o objetivo geral dessa pesquisa foi investigar como um grupo de estudantes se movimenta na superação de processos mecânicos na aprendizagem do efeito fotoelétrico, a partir de uma proposta de ensino ancorada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, com o uso de tecnologias.

Optou-se por uma investigação de caráter qualitativo, o ambiente da sala de aula foi o principal local de realização da pesquisa. Vale ressaltar que a autora desse trabalho desempenhou o papel de professora e de investigadora. Fizeram parte da coleta de dados, além da observação participante em sala de aula e as entrevistas, os trabalhos produzidos pelos estudantes, tais como os textos por eles produzidos, questionários, exercícios, audiovisuais, etc. A observação se deu durante todo o tempo dedicado ao trabalho de campo, ou seja, durante as seis aulas de 45 minutos previstas para o estudo do conteúdo. Todas as atividades de sala de aula foram documentadas. O professor-pesquisador teve o papel de membro aceito. Sempre que possível e necessário, foram tomadas notas descritivas de detalhes relevantes para a investigação e registrados episódios particulares.

3.1. Local e participantes da pesquisa

A pesquisa foi realizada na Escola de Educação Básica José Marcolino Eckert, que se localiza no bairro Santo Antônio – Pinhalzinho, SC. Contempla o Ensino Fundamental anos iniciais e finais e o Ensino Médio Inovador, totalizando aproximadamente 1300 estudantes, estes, oriundos da cidade – centro e bairros que rodeiam a escola – e do interior, de todas as classes sociais, cor e raças, em sua grande maioria, são filhos de trabalhadores, que ao chegar aos dezesesseis anos precisam dedicar parte de seu tempo a uma atividade que lhes renda algum recurso, quer para suas despesas pessoais, quer para contribuir no sustento da família, por isso a escola funciona no período diurno e noturno.

As salas de aula estão em bom estado de conservação, todas possuem armários, a maioria é climatizada e equipada com datashow ou televisor com cabo HDMI, notebook e acesso ilimitado a internet. A escola possui laboratório de Matemática, Física, Química, Biologia, linguagens e dois de informática que são compostos por:

Sala 1: 5 mesas com dois computadores recebidos do PROINFO e conectados à internet e mais um computador com impressora colorida que gerencia os demais. No mesmo ambiente há, também, o projetor multimídia disponível para projeção e é climatizado;

Sala 2: 20 computadores, 10 mesas, 24 cadeiras giratórias, 02 impressoras, 01 armário e escrivaninha. Todos os computadores estão ligados a internet banda larga, também climatizado.

Os laboratórios de informática contam com três técnicos, 2 atuando com 40h no diurno e 1 com 20h no noturno.

A escola, como toda e qualquer entidade, enfrenta problemas diariamente, tanto na dimensão física, quanto na pedagógica e na financeira, mas sempre é procurado resolvê-los com eficácia, buscando melhorias em todas as esferas que envolve a escola.

A EEB José Marcolino Eckert é a maior escola do município de Pinhalzinho e a segunda maior escola da 2ª Gerência de Educação da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional de Maravilha, é usada como referência para outras escolas, é bem vista pela sociedade, portanto tem o papel fundamental de funcionar adequadamente,

construir conhecimentos, formar estudantes preparados para atuar na sociedade, com criticidade e capazes de seguir seus caminhos com dedicação e entusiasmo.

3.2. Desenvolvimento da sequência didática em sala de aula

O desenvolvimento da sequência didática aconteceu na segunda quinzena de novembro de 2015 e, para realizá-la, foi escolhida uma turma com trinta e um estudantes de terceiro ano do Ensino Médio Inovador no turno matutino e vespertino. A turma foi escolhida pelo fato do horário das aulas de Física estar distribuído de maneira acessível para a aplicação.

Os dados coletados foram analisados a partir da sistematização das observações em sala de aula e das atividades realizadas pelos estudantes em sala de aula e extraclasse. Durante a análise, buscou-se descrever o conteúdo das mensagens transmitidas nos episódios e falas ocorridos em sala de aula e nas produções dos estudantes. O processo de análise constituiu-se de três etapas: análise dos conhecimentos prévios, exploração do material e interpretação dos resultados.

No decorrer do desenvolvimento da sequência de aulas proposta para o ensino do efeito fotoelétrico segundo a Teoria da aprendizagem de Ausubel com o uso de tecnologias, foram trabalhadas as competências e habilidades previstas no currículo. Competências são tidas como qualificações humanas amplas e variadas, enquanto as habilidades são entendidas como qualificações mais específicas. Nesse sentido, uma competência em determinada área pressupõe um conjunto de habilidades. Elas incluem desde a aquisição de conhecimentos e procedimentos que permitam ao estudante comunicar-se e argumentar, até compreender e enfrentar problemas, possibilitando-lhe condições de participar do convívio social de forma prática e solidária (BRASIL, 2002).

Entre as competências e habilidades previstas nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM (BRASIL, 2002), na área de Física, encontram-se como competências: dominar a linguagem científica e traduzir as linguagens matemática, física e discursiva entre si; compreender os fenômenos físicos e suas aplicações na produção tecnológica; enfrentar situações-problema, valendo-se do conhecimento de fenômenos físicos para resolvê-los; e construir argumentações, embasando-as no conhecimento de fenômenos físicos. As habilidades trabalhadas foram:

visualizar e descrever a simulação do experimento do efeito fotoelétrico, prever corretamente os resultados de experimentos sobre o efeito fotoelétrico, descrever como esses resultados nos levam ao modelo de fóton de luz, entender o funcionamento das células fotoelétricas, saber como a radiação eletromagnética pode arrancar elétrons de uma superfície metálica e compreender a importância do efeito fotoelétrico na vida das pessoas.

Descreve-se a seguir a sequência didática planejada, o conteúdo apresentado, as atividades desenvolvidas e os resultados obtidos durante as seis aulas, de quarenta minutos cada, agrupadas em três momentos, todos com duas aulas cada: primeiro momento, investigação dos conhecimentos prévios e apresentação do vídeo e slides. O segundo momento foi a utilização da simulação. No terceiro momento, resolução dos exercícios e produção do vídeo depoimento.

É importante mencionar que esses momentos apresentam a organização proposta pela Teoria de Ausubel: 1º passo: conhecimentos prévios, 2º passo: organizador/conteúdo e 3º passo: avaliação. Com essa ordem, buscamos fazer com que os estudantes pudessem reelaborar seus conhecimentos prévios após a apresentação e exploração do conteúdo apresentado. Havia assim a preocupação com o processo de ensino-aprendizagem, tendo sua fundamentação nas ideias de que os estudantes podem reconstruir seus conhecimentos a partir dos conhecimentos prévios. Para finalizar a sequência, foi proposto a produção de um vídeo depoimento com a intenção de verificar como os estudantes se manifestam frente a proposta.

Na descrição da sequência didática, usar-se-á quadros, para a melhor visualização e compreensão da proposta:

Quadro 1 - Quadro explicativo da apresentação da sequência didática planejada

<p>Quadro com duas barras, representa a atividade da sequência didática planejada.</p> <p>Quadro com uma barra, representa resultado dos estudantes.</p>
--

3.2.1. Descrição da sequência didática

Objetivos específicos

- Visualizar e descrever a experiência do efeito fotoelétrico;

- Predizer corretamente os resultados de experimentos sobre o efeito fotoelétrico;
- Descrever como esses resultados nos levam ao modelo de fóton de luz;
- Entender o funcionamento das células fotoelétricas;
- Saber como a radiação eletromagnética pode arrancar elétrons de uma superfície metálica;
- Compreender como é possível converter energia solar em elétrica;
- Fazer com que o estudante tenha a compreensão dos fenômenos fotoelétricos e sua presença no dia-a-dia.

1ª momento

- ✓ Conhecimentos prévios: disponibilizar o questionário abaixo, deixando uns 15 min para cada estudante respondê-lo. Após cada um ler as respostas em voz alta, provocando um debate entre todos.

1. Como as luzes dos postes de energia acendem e apagam automaticamente?
2. O que é um chip CCD usado em máquinas digitais?
3. Como é o controle de portas de elevadores? E as portas dos shoppings?
4. O que dizer do funcionamento das esteiras de caixas de supermercado?
5. Como sistemas de alarme ligam e desligam automaticamente?

No final, ressaltar que perguntas como essas são respondidas e explicadas através do efeito fotoelétrico.

Com vistas ao conhecimento prévio e a aprendizagem significativa, iniciar com essas questões teve o objetivo de observar e analisar o que os estudantes conheciam do tema a ser trabalhado. De acordo com AUSUBEL (1980) “um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto”. Desta forma, ao utilizar-se desse instrumento de reconhecimento dos conhecimentos prévios, pode-se observar a turma onde foi desenvolvida essa proposta de ensino.

Segundo a teoria da aprendizagem de Ausubel, os conhecimentos prévios dos estudantes devem ser valorizados, para que seja possível construir estruturas mentais que

permitem descobrir e redescobrir outros conhecimentos, caracterizando, assim, uma aprendizagem prazerosa e eficaz.

A partir deste recurso inicial, percebe-se que esses estudantes possuem um conhecimento limitado sobre o tema. Observou-se também certa imaturidade de alguns, deixando a incerteza se possuem ou não interesse sobre o que se apresenta nesse primeiro contato.

- ✓ Apresentação de slides: Com o recurso áudio visual disponível em <http://www.slideshare.net/NilceBackes/efeito-fotoeltrico-54070932>, expor o conteúdo. Nele encontra-se o conceito de Efeito Fotoelétrico, suas aplicações, um pouco da história, o link do vídeo “A Ideia do Quantum: Efeito Fotoelétrico” e da simulação “Efeito Fotoelétrico”.

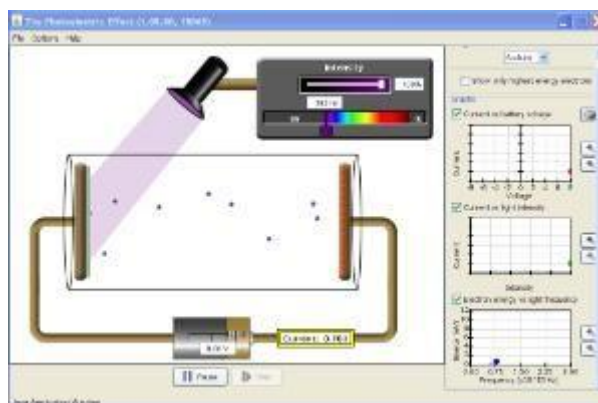
Os recursos audiovisuais (apresentação de slides e vídeo), têm se mostrado uma ferramenta eficiente, que pode e deve ser usada no processo educacional. Ao utilizá-los pretende-se facilitar a aprendizagem do estudante, pois recursos visuais são importantes, auxiliam a compreender melhor o que está sendo estudado e faz com que os estudantes guardem as informações por muito mais tempo. Oferecem múltiplas linguagens como a música, as narrativas e as imagens. São fontes de conhecimento que propõe a reflexão do estudante, permitindo que este possa construir sua concepção do tema a partir do que visualizou.

Os recursos audiovisuais podem ser considerados um bom recurso didático-pedagógico, justificando-os como sendo um atrativo a mais para a motivação em sala de aula, porque remete a situações prazerosas e lúdicas, o que pode proporcionar aberturas para o estabelecimento de contextos interativos em sala de aula (ALVES, 2005). Além disso, a quebra de ritmo provocada pela apresentação de um audiovisual é saudável, pois altera a rotina da sala de aula (ROSA, 2000).

2º momento

Trabalhar com a simulação efeito fotoelétrico, disponível em:
http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Photoelectric_Effect

Figura 6 - Imagem do simulador de efeito fotoelétrico



Fonte: Phet Colorado

Para situar os estudantes e obter melhores resultados será disponibilizado um roteiro (apêndice A) a ser utilizado como apoio e não como regra.

A utilização de simulações computacionais como ferramenta de ensino propicia inúmeras vantagens que permitem aos estudantes compreenderem princípios essenciais da física. É um recurso que ajuda o estudante a perceber e compreender conceitos que necessitam de certo grau de abstração. Pode torná-lo curioso, interativo e questionador, desta forma, amplia as possibilidades pedagógica facilitando o processo de ensino aprendizagem. Para Fiolhais e Trindade:

O acesso a boas simulações contribui para solucionar algumas questões no ensino das ciências. De facto, os alunos que estão a formar e desenvolver o seu pensamento sobre determinadas matérias científicas encontram problemas típicos que podem ser resolvidos por ambientes de simulação orientados por preocupações pedagógicas. Tal pode ser feito numa fase inicial da aprendizagem dessas matérias, pois os alunos não necessitam de dominar todo o formalismo matemático subjacente para explorar uma dada simulação. Pelo contrário, se aos estudantes só forem fornecidas equações como modelo da realidade, eles serão colocados numa posição onde nada nas suas ideias comuns é parecido ou reconhecido como física. Esta é uma situação que obviamente dificulta a aprendizagem. (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003, p. 264)

A simulação sugerida apresenta um esquema de um experimento usado no estudo do efeito fotoelétrico. O estudante pode interagir modificando a frequência e a intensidade da luz que incide no metal e a diferença de potencial entre as placas receptoras e emissoras. Dessa forma ele poderá, por meio de tentativas, elaborar um conjunto de significados que o fará instigar-se pelo assunto e abrir discussão sobre a quebra de paradigma da física clássica.

Ao finalizar a atividade, além de discutir os resultados encontrados pelos estudantes, é interessante abordar qual a importância do fenômeno efeito fotoelétrico no

nosso dia-a-dia e como reagimos às suas percepções, isso evidencia a forma de perceber e participar do mundo.

3º momento

Resolução dos exercícios (apêndice B).

Resolver uma lista de exercícios, mesmo que seja uma atividade tradicional, tem por objetivo sistematizar o aprendizado, provocar novos questionamentos e aprofundar os conhecimentos. É essencial porque faz com que os estudantes enfrentem desafios escolares, além de ajudá-lo a construir autonomia e a melhorar a capacidade de organização e estruturação.

É uma atividade útil, porque analisando os exercícios que os estudantes resolvem sozinhos ou em dupla, o professor pode descobrir quais são as dúvidas, dificuldades e deficiências de cada um e retomar os pontos em que se apresentam as maiores necessidades, tentando saná-las.

O desafio do professor é fazer com que essa geração inserida nas tecnologias, seja capaz de dar significado a essa atividade, de como motivá-los para a educação formal, utilizando meios e instrumentos basicamente tradicionais. É importante que o estudante perceba a função de cada atividade para que compreenda sua relevância.

Produção de um vídeo depoimento

Uma imagem vale mais que mil palavras (autor desconhecido). Essa frase traduz muito bem a força da comunicação visual nos dias atuais. Com a popularização da Internet, as imagens e principalmente os vídeos ganharam maior força no modo de se comunicar, possibilitando maior eficiência e abrangência na transmissão de informações, estimulando e motivando a sociedade nas diversas áreas do conhecimento. Produzir um vídeo depoimento dos estudantes, possibilita ao professor fazer uma avaliação mais ampla e eficaz, oportunizando melhorar seu planejamento e conhecer melhor a personalidade e a capacidade de seus estudantes.

Quadro 2 - Transcrição das falas dos estudantes

1. Qual é a opinião de vocês sobre o uso de tecnologias na sala de aula?

Aluno 1: Eu acho bem interessante porque hoje a tecnologia pode nos auxiliar em algumas coisas que o professor em sala de aula não consegue muito bem explicar, na internet você pode ver simulações, vídeos e coisas que podem nos auxiliar.

Aluno 2: E complementar o que o professor fala na sala de aula.

Aluno 3: É, não fica aquela coisa monótona sempre né, de sempre ler, ler assim, livros, você consegue mudar um pouco a forma de estudar.

Aluno 4: É, deixa o conteúdo mais interessante.

Aluno 5: É, desenvolve mais porque chama a atenção do aluno.

1. Vocês gostam quando o professor trabalha com apresentação de slides, por exemplo, explica o conteúdo utilizando slides do PowerPoint?

Aluno 1: Fica uma coisa mais dinâmica para o aluno.

Aluno 2: Não acaba sendo aquela aula chata.

Aluno 3: É, tu não consegues ver fotos, compreender melhor o assunto que ele está explicando.

Aluno 4: Sim, porque a gente consegue ver imagens e acaba sendo mais chamativo.

2. E em relação aos vídeos que são apresentados no youtube, vocês acham que eles são bons, assim, tem um complemento bom do conteúdo, vocês utilizam esses vídeos para complementar o assunto ou não buscam?

Aluno 3: É, você não consegue relacionar e entender o vídeo ou o professor, daí com os dois você consegue relacionar, juntar melhor o assunto, entender melhor.

Aluno 5: É porque tipo, se você só ler um texto, as vezes não entende, agora ver o vídeo ou alguma coisa assim, tu entendes melhor e o professor pode explicar melhor também.

Aluno 1: É por que vezes, tem tipo, como é um acervo muito grande, muito espaço, você sempre vai achar alguma coisa que ajude um pouco mais.

3. Vocês gostaram de trabalhar com a simulação sobre o efeito foto elétrico?

Aluno 3: Sim, você consegue ver melhor na prática o que a teoria diz, você consegue ver na simulação como funciona mesmo a teoria.

Aluno 1: É, você consegue colocar em várias situações e ver o que vai acontecer, começa a confiar neles.

Aluno 6: É, e o bom é que no teu tempo, você não precisa tipo seguir o que a professora faz, tu podes voltar, fazer de novo.

4. Vocês costumam realizar experimentos nas aulas de física? Experimentos no laboratório?

Aluno 3: Raramente.

5. E então, e vocês já haviam usado simulação?

Aluno 3: Não.

Aluno 1: Primeira vez. Acho que a maioria nem sabia que existia simulação online, simulação com física.

Aluno 5: Até porque quando você aplicou isso a gente ficou chocada com isso, porque ninguém sabia.

CAPITULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.

Os resultados e discussão serão apresentados no sentido de generalizar os resultados da sequência didática elaborada e aplicada em sala de aula. Primeiramente será ressaltado aspectos relevantes da elaboração da sequência didática, e ainda aspectos relativos ao seu desenvolvimento em sala de aula, investigando o avanço dos estudantes em relação aos conceitos apresentados.

A escolha pelo uso da teoria da aprendizagem significativa foi feita devido ao caráter facilitador e contextual dos processos de ensino e de aprendizagem dessa abordagem, na qual a aprendizagem ocorre pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e da utilização de recursos tecnológicos pelo fato desses não serem mais uma tendência para o futuro, mas sim uma realidade no cotidiano de nossos estudantes, também por serem muito valiosos que além de facilitar o aprendizado, estimulam a busca por novas informações. Dessa forma, eles deveriam buscar a transposição de possíveis obstáculos, mobilizando recursos, tomando decisões, fazendo escolhas, estruturando informações, no sentido de reelaborar seus conhecimentos.

No desenvolvimento do primeiro momento da sequência didática, os estudantes tiveram dificuldades em participar, e se sentiram incluídos no processo. Pois, nas escolas observa-se o processo mecânico de ensino, onde o estudante é um agente passivo. Nele segundo Moreira (2000), “os novos dados e informações possuem pouca ou nenhuma associação com conceitos relevantes já disponíveis na estrutura mental, não sendo possível há interação entre eles”.

Entretanto, para propiciar uma estrutura relevante de conhecimento sobre o conteúdo considerado, devemos propiciar ao estudante condições para que ele interaja, permitindo que ele utilize os conhecimentos que vai adquirindo, exercite e controle as aprendizagens e competências a desenvolver, de acordo com a teoria da aprendizagem significativa, segundo Moreira (2000), “um conhecimento novo é relacionado com os existentes anteriormente, sendo incorporado à estrutura cognitiva do aprendiz, passando a ter significado para ele, justamente por causa dessa relação que é estabelecida com o conhecimento anterior”.

Assim, na sequência proposta, os estudantes foram estimulados a agir e desafiados a responder os questionamentos de acordo com os seus entendimentos. Buscou-se que a

construção do conhecimento exigisse a participação da turma em todo o contexto das atividades que eram sugeridas.

Na elaboração da sequência didática, foram planejadas atividades para serem executadas em três momentos. Considerando a flexibilidade atribuída ao planejamento durante o desenvolvimento da sequência, as atividades foram realizadas conforme surgia a necessidade de ajuste e/ou complementação nas discussões em sala de aula.

Para análise da sequência, foi optado por avaliar as atividades realizadas a partir da estruturação da sequência de acordo com a teoria da aprendizagem significativa (quadro 2), analisando os aspectos que possam colocar tal atividade em uma posição de vantagem/desvantagem com relação aos procedimentos mais tradicionais de ensino aprendizagem, procurando identificar as dificuldades e/ou facilidades no desenvolvimento das atividades e apontar os fatores de sucesso/insucesso na realização da mesma. Buscando também, perceber o movimento/envolvimento dos estudantes em cada atividade (quadro 3).

Quadro 3 - Estruturação da sequência didática

Conhecimentos prévios	Atividade investigativa, utilizando questões abertas.
Organizadores/Conteúdo	Atividades que servem para elaborar a ponte entre o conhecimento prévio e o conteúdo científico, apresentado de forma clara e coerente com o objetivo de facilitar a compreensão dos conceitos.
Avaliação	Resolução dos exercícios, mas destaca-se que será valorizado e avaliado não só os resultados escolares dos estudantes, mas também a sua motivação, autoconceito, hábitos de estudo e estilos de aprendizagem, enfim todo o processo.

Fonte: a autora

Quadro 4 - Análise do momento 1

<u>MOMENTO 1</u>
<p>ATIVIDADE CONHECIMENTOS PRÉVIOS: Questões abertas sobre aplicações do efeito fotoelétrico.</p> <p>VANTAGENS / DESVANTAGENS: O uso do questionário prévio foi vantajoso, pois foi atingido o objetivo de levantar os conhecimentos prévios dos estudantes, percebendo o pouco conhecimentos dos mesmos em relação ao assunto.</p>

DIFICULDADES / FACILIDADES: Houve muita dificuldade com relação à realização desta atividade, uma vez que os estudantes não tinham conhecimento do tema e não estavam acostumados com atividades investigativas. Facilidade: possibilitou aos estudantes a oportunidade de se expressarem sobre o tema, sem a exigência de que os mesmos apresentassem algum conhecimento científico.

FATORES DE SUCESSO/INSUCESSO: Sucesso: levantamento dos conhecimentos prévios. Insucesso: dificuldades dos estudantes para a responder as questões.

MOVIMENTO/ENVOLVIMENTO DOS ESTUDANTES: Essa introdução foi interessante e os estudantes participaram. Para surpresa, a maioria deles nunca tinha ouvido e nem feito leituras sobre o assunto, mesmo assim houve envolvimento, debatendo as respostas, fazendo perguntas e relatos, sendo que uma pergunta gera novas perguntas e debates, havendo interação entre todos.

ATIVIDADES ORGANIZADORES/CONTEÚDO: Apontamentos do conteúdo utilizando slides e vídeo “A Ideia do Quantum: Efeito Fotoelétrico”.

VANTAGENS/DESVANTAGENS: A utilização dos slides e do vídeo foi vantajosa, pois instigou os estudantes a se posicionarem sobre o tema efeito fotoelétrico, de uma forma interativa e motivadora, o que possibilitou uma dinâmica diferente do ensino mecânico, com os recursos de imagem, som e escrita os estudantes participaram das discussões significativamente. Não houve desvantagens.

DIFICULDADES/FACILIDADES: Facilidade: conseguiu-se estabelecer um diálogo entre a professora/pesquisadora e os estudantes. Dificuldades: não houve.

FATORES DE SUCESSO/INSUCESSO: Fator de sucesso: permitir que os estudantes se expressem de forma ampla e aberta. Insucesso: não houve.

MOVIMENTO/ENVOLVIMENTO DOS ESTUDANTES: O envolvimento foi bom, questionando e contribuindo, mesmo com seus conhecimentos limitados e do senso comum, mas tentando reformular seus conceitos.

Fonte: a autora

Quadro 5 - Análise do momento 2

Momento 2

ATIVIDADE: SIMULAÇÃO

VANTAGENS/DESVANTAGENS: Vantagens: foi possível alterar muitas condições de contorno com facilidade, repetir diversas vezes o experimento, explorando diversos critérios e ver o invisível (átomos, elétrons, fótons, campos) a partir das representações presentes nas simulações, facilitando a relação entre professores e estudantes. Desvantagens: as simulações descrevem, geralmente, modelos que representam simplificações e aproximações da realidade.

DIFICULDADES/FACILIDADES: Dificuldade: No início os estudantes resistiram, pois, a internet é um pouco lenta, quando todos acessam ao mesmo tempo, então segundo eles é muito difícil realizar as

atividades na sala de informática pois demora muito, não se consegue fazer muita coisa em uma aula. Facilidade: que ao manipular a simulação, quando não entendiam o que estava acontecendo buscaram explicação online e abriram novamente os slides antes apresentados, tirando suas dúvidas.

FATORES DE SUCESSO/INSUCESSO: O sucesso da atividade é devido ao fato de tal atividade possibilitar ao estudante romper barreiras do imaginário, fugindo do abstrato, partindo para o real, o concreto, o que vai levá-lo a ter uma aprendizagem significativa. Insucesso: internet um pouco lenta e o tempo insuficiente.

MOVIMENTO/ENVOLVIMENTO DOS ESTUDANTES: Foi muito legal, pois eles gostaram de manipular a simulação, tiveram a oportunidade de conhecer o site do Phet colorado, visualizaram outras simulações que se encontram neste site e ficaram impressionados, pois eles não conheciam o site e nunca tinham manipulado uma simulação. Segundo uma estudante “com o uso da simulação entendi o que significa o efeito fotoelétrico, consegui compreender o fenômeno”. Os estudantes fizeram muitas ligações, com o vídeo e com os slides, mostrando o fascínio pelo desconhecido.

Fonte: a autora

Quadro 6 - Análise do momento 3

Momento 3
<p>ATIVIDADE: Resolução de exercícios</p> <p>VANTAGENS/DESVANTAGENS: Vantagens: o estudante tem a liberdade para expor os pensamentos, mostrando habilidades de organização, interpretação e expressão. Desvantagem: abrange somente parte do conteúdo exposto em sala de aula</p> <p>DIFICULDADES/FACILIDADES: Dificuldade: fazer com que os estudantes tivessem interesse de respondê-la.</p> <p>FATORES DE SUCESSO/INSUCESSO: Insucesso: é uma atividade tradicional, não provoca curiosidade.</p> <p>MOVIMENTO/ENVOLVIMENTO DOS ESTUDANTES: Quanto à atividade de resolução de exercícios, não surtiu efeito, poucos estudantes responderam, não sentiram a necessidade de realizá-la, nas questões objetivas, não analisaram as respostas, marcando qualquer alternativa, sem a intenção de saber se estava correta ou não.</p>
<p>ATIVIDADE: Produção do vídeo depoimento.</p> <p>VANTAGENS/DESVANTAGENS: Vantagem: Demonstra a experiência e os conhecimentos que os estudantes tem sobre o tema e a opinião deles é muito importante para o professor se auto avaliar.</p> <p>DIFICULDADES/FACILIDADES: Facilidade: manusear as tecnologias.</p> <p>FATORES DE SUCESSO/INSUCESSO: Fatores de sucesso: atividade diferente daquelas tradicionalmente realizadas em sala de aula, o que despertou o interesse e a curiosidade dos estudantes e utilização da ferramenta tecnológica.</p>

MOVIMENTO/ENVOLVIMENTO DOS ESTUDANTES: Destaca-se que os estudantes demonstraram um comportamento crítico e criativo diante do processo e dos resultados obtidos no desenvolvimento da produção do vídeo. Diante da potencialidade de uma atividade diferente no contexto educacional, mas presente no dia-a-dia dos estudantes, os resultados se mostram satisfatórios, pois no fim deste processo conseguiu-se atingir os objetivos proposto para esta atividade, percebe-se que os estudantes compreender e sabem da importância de utilizar as tecnologias para o aprendizado das ciências. Demonstrou-se entusiasmo e satisfação com o envolvimento e participação dos estudantes no decorrer desse momento.

Fonte: a autora

Apesar das dificuldades inerentes ao processo, a construção do conhecimento a partir da aprendizagem significativa, mostrou grande progresso neste grupo de estudantes. Ao se sentirem parte de sua própria aprendizagem houve uma maior participação e um comprometimento com a realização das atividades. Segundo Virginia Maria de Araújo (2015):

O desafio é buscar constantemente novos caminhos, abrindo possibilidades para uma maior eficiência da arte de ensinar. Para conseguir isso, é importante ser capaz de gerar progressos pessoais e sociais para os alunos. A missão do professor é preparar os alunos para serem independentes e superarem seus desafios como seres humanos e cidadãos. (ARAÚJO, 2015, p. 5).

O desenvolvimento da proposta transcorreu de forma tranquila, sem grandes desafios, isso se deve ao fato de que nossa escola é bem equipada tecnologicamente. As salas de aula são salas ambientes/temáticas e quase todas possuem Datashow ou televisor com cabo HDMI, com notebook, caixa de som e acesso à internet. No laboratório de informática, tem em torno de 30 computadores em funcionamento. A escola paga, através da APP, uma rede de internet de 10MB e destaco que os profissionais que atuam no laboratório são eficientes e auxiliam o professor no que for preciso. Não é a escola perfeita, mas já possui uma boa caminhada em relação as tecnologias. Muitos professores já utilizam as TDIC como ferramentas educativas. O que temos que batalhar muito para mudar é a consciência dos estudantes, pois a maioria deles conhece, sabe manusear muito bem as tecnologias, mas não sabem tirar proveito disso para construir conhecimento científico e termos como consequência uma aprendizagem significativa.

Destaca-se que o segundo momento foi o mais importante, pois com a realização da simulação, foi possível simular o efeito fotoelétrico, estimulando a curiosidade dos estudantes. Sabe-se que as situações interativas que são intencionalmente criadas, visam estimular a aprendizagem, revelando-se em uma dimensão educativa, pois prendem a atenção dos mesmos.

É importante salientar que na realização de um experimento, mesmo sendo ele simulado, é possível a obtenção de vários resultados, inclusive inesperados, diante disso é de suma importância que o professor seja flexível, ou seja, aproveite essas situações para analisar junto com os estudantes os resultados sobre vários ângulos, a fim de propiciar ao estudante uma vivência do modelo científico para a compreensão dos fatos naturais. Assim aproveita-se a oportunidade para discutir com os estudantes o fato da ciência não estar isolada do nosso contexto, e que uma nova teoria surge de muito trabalho, de erros e de acertos, onde os cientistas precisam recomeçar a partir do que deu errado.

Ao propor como última atividade a produção de um vídeo depoimento, pode-se ver a importância que foi trabalhar de acordo com a teoria da aprendizagem significativa, pois os estudantes deveriam, em poucas palavras, sistematizar os conceitos que foram aprendidos e relacionar o uso de recursos tecnológicos com a aprendizagem.

Segundo a teoria da aprendizagem de Ausubel (1982), os conhecimentos prévios dos estudantes devem ser valorizados, para que seja possível construir estruturas mentais que permitem descobrir e redescobrir outros conhecimentos, caracterizando, assim, uma aprendizagem prazerosa e eficaz.

Diante do que se foi observado no decorrer do desenvolvimento da sequência didática, pode-se afirmar que teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1982) apresenta passos muito importante de ser seguidos na organização de uma boa proposta de ensino, e que o uso de recursos tecnológicos, despertam o interesse e facilitam o processo ensino aprendizagem, contudo é necessário que o professor faça uma reflexão sobre sua prática enquanto profissional da educação, pois, não é apenas um método, ou uma teoria, que irá contribuir para a aprendizagem do conteúdo, mas sim uma articulação entre a vontade de ensinar dos professores com o desejo de aprender dos estudantes. É a partir desta troca de saberes que a escola voltará a ter o seu brilho e assim se tornar mais atrativa aos estudantes.

Mas para que novas metodologias, novas temáticas ou novos recursos sejam mais utilizadas no ensino faz-se necessário algumas mudanças tanto na estrutura física como no projeto político pedagógico das escolas, já que uma grande parcela das nossas escolas não possui ambientes propícios a esse tipo de atividade. Também é importante a continuidade dos estudos na área, ou seja, formação continuada de qualidade, pois só assim poderemos encontrar caminhos que levem a solução das dificuldades encontradas.

Conforme já explicitado, a presente pesquisa intencionou analisar o movimento de um grupo de estudantes na superação de processos mecânicos na aprendizagem do Efeito Fotoelétrico, através de uma sequência didática ancorada na teoria de aprendizagem significativa de Ausubel (1982). Pretendeu-se ainda, discutir a contribuição dos recursos tecnológicos, no processo de ensino aprendizagem e investigar como os conhecimentos prévios dos estudantes interferem na construção da aprendizagem significativa, refletindo assim, sobre a relação professor-aluno no desenvolvimento da proposta de ensino contextualizada.

Portanto, após sua consolidação, compreendemos que é possível que os estudantes superem os processos mecânicos por meio de sua própria ação ao realizar as atividades propostas, mas foi necessária a presença constante da mediação, que foi realizada não somente pela pesquisadora, mas também pela interação entre os colegas. Sobre a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel (1982), aprendemos que ela prioriza a aprendizagem efetiva, ou seja, a aprendizagem como um processo no qual se atribui significado a uma informação, além de torná-la disponível. Entendemos também que para validar a construção da aprendizagem significativa, o reconhecimento dos conhecimentos prévios teve um papel de suma importância, pois partindo dos conceitos de senso comum, refletindo, analisando e interagindo, os estudantes formam novos conceitos, esse mais consistentes e aproximados da realidade.

Quanto à utilização das tecnologias, viu-se a possibilidade de desenvolver os conhecimentos escolares de uma forma interativa, contextualizada e significativa aos estudantes, ou seja, partindo do acesso à informação e da abordagem dos conteúdos, pode-se libertar de atividades repetitivas e concentrar-se nos aspectos mais significantes da aprendizagem, buscou-se uma interpretação mais crítica da questão, percebendo que os conhecimentos de senso comum não são suficientes para a plena compreensão do tema, então, esse é o momento em que se provoca o estudante para a aprendizagem significativa, pois consideram-se, diretamente, as respostas das curiosidades apresentadas pelo ele próprio.

Percebemos que os estudantes passaram por diversos estágios, mas que estes não foram lineares e encadeados, no sentido que os estudantes experimentaram o movimento de ir e vir e que nem todos passaram pelas mesmas fases, alguns estágios observados: compreendem apenas ideias simples, negação da necessidade de eles interagirem, negação da importância do assunto efeito fotoelétrico, com o evoluir das situações

propostas começam a entender e se familiarizar com a metodologia proposta e experimentam momentos de ir e vir, quando se apropriaram da ideia, começam então a participar e se envolver com autonomia, podendo construir seus conceitos de forma mais significativa ao avançarem de forma gradativa.

Sendo assim, as aulas realizadas construíram a ideia de que, ser um investigador em sala de aula, é estar sempre buscando novas alternativas, novos caminhos e modos de apresentar e representar soluções, testando-os, desvencilhando-se do tradicional, desprendendo-se dos processos mecânicos, sendo um mediador e muito insistente, mostrando caminhos aos estudantes e provando, se eles estiverem dispostos, que possuem capacidade de criar e recriar, construir e reconstruir, aprender e reaprender até alcançar os objetivos almejados. Assim, essa pesquisa aponta que foram as ações dos estudantes que definiram as linhas gerais do processo de construção do conhecimento e da aprendizagem significativa.

A teoria da aprendizagem significativa que, de acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980) revela a importância e a necessidade de organizar o pensamento atribuindo significado lógico e psicológico aos conhecimentos que foram construídos e estruturados. Desta maneira, o seu desenvolvimento ao longo da proposta nos mostra como os estudantes conseguiram construir, analisar e reorganizar o conhecimento adquirido. Partindo de uma Física que está presente em seu cotidiano, pois basta o estudante olhar para o lado e perceber que estes conceitos estão ao seu alcance, e assim desafiar-se em busca de novos conhecimentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O propósito deste trabalho foi o de investigar como um grupo de estudantes se movimenta na superação de processos mecânicos na aprendizagem do Efeito Fotoelétrico, a partir de uma proposta ancorada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, com o uso das tecnologias. Durante a aplicação com os estudantes da 3ª série do Ensino Médio Inovador, no período diurno da EEB José Marcolino Eckert, as expectativas em relação às aulas superaram o esperado pela pesquisadora. Por ser uma proposta composta de diversas atividades acarretou em um grande envolvimento da turma com o tema proposto.

Para a construção do plano de ensino, foram pesquisados artigos e outros trabalhos publicados que buscam como trabalhar em sala de aula com o tema Efeito Fotoelétrico de uma forma significativa. Observamos também que nos livros didáticos esse conteúdo é desenvolvido sem muita relevância, limitando-se a ser apresentado geralmente nos últimos capítulos. Entretanto, os PCNs e a proposta curricular de Santa Catarina propõem que estudar temas da Física moderna e contemporânea possa contribuir com uma aprendizagem mais significativa para os estudantes.

O conhecimento em Física (e nos demais componentes curriculares de todas as áreas) pode servir como uma ferramenta essencial para o indivíduo mudar sua forma de pensar e agir, com vistas ao desenvolvimento de capacidades reflexivas e investigativas. (Santa Catarina, 2014, p. 167).

De acordo com a revisão bibliográfica e o entendimento da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel foi construído o plano de ensino, que é composto por 6 aulas, divididas em três momentos de intervenção com a turma. O plano proposto partiu da necessidade de inserir um tema da física moderna e dos recursos tecnológicos no ensino da física, foi um momento desafiador, pois era uma proposta nova que buscou recursos diversos, visando a participação dos estudantes para que pudessem ser sujeitos ativos de sua aprendizagem.

Durante o desenvolvimento da proposta pode-se notar nos estudantes um crescente interesse pelo tema. No primeiro instante os estudantes mostraram-se tímidos e com certa insegurança de apresentar as suas opiniões durante a aula, mas no decorrer do processo, essa insegurança começou a dar lugar a estudantes mais curiosos e questionadores.

Pode-se considerar atingidos os objetivos que estavam presentes na sequência propostas, que aqui apresentada como momentos de aprendizagem, pois se alcançou melhor compreensão dos conceitos estudados. Quando se consegue fazer com que o estudante se torne parte do processo de ensino, considerando inicialmente os conhecimentos que eles trazem consigo, os conceitos estudados passam a provocar sentidos e interação com os já existentes na estrutura cognitiva do estudante.

Através de uma proposta de ensino que se diferencia pelo seu aspecto de buscar significado, entender o que o estudante traz consigo, pudemos refletir sobre a relação professor-aluno. Quando o professor deixa de ser o sujeito que sabe e o aluno o que não sabe, é possível construir juntos o conhecimento. Isso se dá através do diálogo entre as partes envolvidas neste processo. Como pesquisadora percebe-se que é possível trabalhar em sala de aula resgatando a curiosidade, o senso crítico e, através de um planejamento dinâmico, onde utiliza-se recursos didáticos e tecnológicos diversificados, o conhecimento se torna algo vivo presente na aula, professor e aluno se tornam partes importantes no ensino aprendizagem.

Por fim, com base no que foi analisado, ao longo da aplicação do plano, dos dados coletados, vê-se uma necessidade de o professor hoje buscar novas maneiras de trabalhar em sala de aula. É necessário desenvolver uma relação entre a ciência e os conhecimentos que os estudantes já trazem consigo, de forma a compreender, refletir e se tornar um sujeito crítico com autonomia de busca do conhecimento.

REFERÊNCIAS

ALGATTI, Maurício Antônio. **Estudo do Efeito Fotoelétrico - 2009**. Disponível em: <<http://www.feg.unesp.br/~algatti/laboratoriodeestruturadamateria/RotEstudodoEfeitoFoto-Eletrico-2009.pdf>>. Acesso em 20 de março de 2016.

ALVES, Jefferson Fernandes, COELHO, Pollyanna Jericó Pinto. Visões Camaleônicas: vantagens e limites do uso do vídeo no processo de ensino-aprendizagem. **Revista Linguagens, Educação e Sociedade**, Teresina, v. 13, p. 111-121, 2005. Disponível em: <<http://leg.ufpi.br/subsiteFiles/ppged/arquivos/files/Revista/N%2013/artigo10.pdf>>, acesso em 10 de junho de 2016.

ARAÚJO, Virgínia Maria de. **A aprendizagem significativa torna o aluno mais confiante e ágil no aprendizado**. Disponível em: <<http://www.cpt.com.br/cursos-metodologia-de-ensino/artigos/aprendizagem-significativa-aluno-confiante-aprendizado>>, acesso em 10 de junho de 2016.

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

BACKES, Nilce. **Efeito fotoelétrico**. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/NilceBackes/efeito-fotoeltrico-54070932>>, acesso em 17 de out de 2015.

BASSALO, José Maria de. **Nascimentos da Física - (3500 a.C.-1900 d.C.)**. Belém: EDUFPA, 1996.

BRANDÃO Rafael, ARAÚJO, Ives e VEIT, Eliane. A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de física. **Física na Escola**. v. 9, n. 1, 2008. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol9/Num1/modelagem.pdf>>, acesso em 27 de março de 2016.

CAVALCANTE, Marisa Almeida, TAVOLARO, Cristiane R.C. Uma aula sobre o efeito fotoelétrico no desenvolvimento de competências e habilidades. **Física na Escola**. v. 3, n. 1, 2002. Disponível em <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol3/Num1/a08.pdf>>, acesso em 20 de março de 2016.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. **Metodologia do ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 2002.

FIOLHAIS, Carlos, TRINDADE, Jorge. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, set. 2003. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v25_259.pdf>, acesso em 27 de março de 2016.

FERRARO, Nicolau Gilberto, Ramalho, Francisco Junior; Soares, Paulo Toledo. **Física – Os Fundamentos da Física**, volume 3. São Paulo: Moderna, 2010.

FUKE, Luiz Felipe, KAZUHITO, Yamamoto. **Física para o ensino médio**, volume 3. 1ª Ed, São Paulo: Saraiva, 2010.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física**, volume 3 2ª edição. São Paulo: Ática, 2013.

GARCIA, Fernanda Wolf. A importância do uso das tecnologias no processo de ensino-aprendizagem. **Educação a Distância**, Batatais, v. 3, n. 1, p. 25-48, jan./dez. 2013.

Disponível em

<<http://claretianobt.com.br/download?caminho=upload/cms/revista/sumarios/177.pdf&arquivo=sumario2.pdf>>, acesso em 20 de março de 2016.

GUIMARÃES, Osvaldo, CARON, Wilson, PEQUEIRA, José Roberto. **Física**, volume 2, 1ª edição. São Paulo: Ática, 2013.

GUTMANN, Friederich, OLIVEIRA, Newton. **Efeito Fotoelétrico**. Disponível em:

<<http://www.fis.ufba.br/~edmar/fis101/roteiros/Fotoeletrico.pdf>>. Acesso em 20 de março de 2016.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da, Álvares, Beatriz Alvarenga. **Física Contextos e Aplicações**, volume 2. 1ª edição. – São Paulo: Scipione, 2013.

MARTINS, Alisson Antônio. **Ensino de Física e Novas Tecnologias de Informação e Comunicação: Uma Análise da Produção Recente**. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - I Congreso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, 2011, Campinas. Anais do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências e Anais do I Congreso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias. Campinas: ABRAPEC, 2011. Disponível em <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0529-1.pdf>>, acesso em 20 de março de 2016.

MELO, Ruth Brito de Figueiredo. **A Utilização das TIC'S no processo de Ensino e Aprendizagem da Física**. Disponível em <

<https://www.ufpe.br/nehte/simposio/anais/Anais-Hipertexto-2010/Ruth-Brito-de-Figueiredo-Melo.pdf>>, acesso em 20 de março de 2016.

MOREIRA, Marco Antônio, MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem Significativa - A teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Ed. da UnB, 1998.

PRASS, Alberto Ricardo. **Aplicação do Efeito Fotoelétrico**. Disponível em:

<<http://www.algosobre.com.br/fisica/aplicacao-do-efeito-fotoeletrico.html#.Ulk9JtIQba8>>. Acesso em 20 de março de 2016.

PEREIRA, Guilherme. **Postulado de Einstein sobre o 'quanta' de luz e efeito fotoelétrico**. Disponível em:

<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAATrkAB/postulado-einstein-sobre-quanta-luz-efeito-fotoeletrico#>>, acesso em 16 de maio de 2016.

RENN, J. A Física Clássica de cabeça para baixo: Como Einstein descobriu a Teoria da Relatividade Especial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.27, n. 1, p. 27-36, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v27n1/a04v27n1.pdf>>, acesso em 16 de maio de 2016.

RONCA, Antonio Carlos Caruso. Teorias de ensino: a contribuição de David Ausubel. **Temas em psicologia**. v.2 n.3 Ribeirão Preto dez. 1994. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-389X1994000300009>, acesso em 20 de maio de 2016.

ROSA, Cleci Werner da, ROSA, Álvaro Becker da. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Vol. Nº 1, 2005. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N1.pdf>, acesso em 20 de setembro de 2015.

ROSA, P. R. S. O uso dos recursos audiovisuais e o ensino de ciências. **Revista Caderno de Ensino de Física**, Campo Grande, v. 17, n. 1, p. 33-49, 2000. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6784/6249>>, acesso em 20 de maio de 2016.

SALLES, Carla Marise Canela. **A aprendizagem significativa e as novas tecnologias na educação a distância**. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento). Universidade FUMEC – FACE. Belo Horizonte, 2012. Disponível em <<http://www.fumec.br/revistas/sigc/article/viewFile/1524/967>>, acesso em 20 de março de 2016.

SAMASKS. **A Ideia do Quantum - Efeito Fotoelétrico**. Disponível em: <<https://youtu.be/CEuMmMxD-vI>>, acesso em 17 de out de 2015.

SANTOS, Marco Aurélio Da Silva. **"O Efeito Fotoelétrico": Brasil Escola**. Disponível em <<http://www.brasile scola.com/fisica/o-efeito-fotoelettrico.htm>>. Acesso em 20 de março de 2016.

TOFFOLI, Leopoldo. **Efeito Fotoelétrico**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com>>, acesso em 17 de out de 2015.

UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER. **Efeito Fotoelétrico**. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric>, acesso em 17 de out de 2015.

ZANETIC, J. **Física também é Cultura**. Tese (Doutorado em Educação). Universidade de São Paulo. São Paulo: FFLCH/USP, 1989.

APÊNDICES

Apêndice A: Roteiro da simulação.

1. Apresentação da simulação, descrevendo cada elemento e sua função (os marcadores de intensidade e comprimento de onda da luz, a voltagem, a corrente elétrica, as placas de metal, a fonte, a câmara de vácuo).

2. Deixar os alunos manipularem a simulação, de modo que observem o que acontece a cada mudança na simulação, desde a intensidade da luz, comprimento de onda à voltagem e metal utilizado.

3. Questionar os alunos sobre as mudanças efetuadas na simulação: o que acontece e por que acontece?

4. Há na simulação a opção de mostrar os fótons ao invés da luz contínua incidente sobre o cátodo. Dessa forma, os alunos podem responder a questão: “A luz é uma partícula ou uma onda”?

5. Pode-se também explorar a intensidade (ou número de fótons), questionando se há ou não influência?

6. Os alunos devem variar a intensidade da luz (para um mesmo material) e observar, anotando o que acontece.

7. Depois, variar o comprimento de onda (consequentemente, sua frequência). Novamente observar percebendo o que está acontecendo e anotando.

8. Dissertar sobre as possíveis questões, hipóteses e conclusões tiradas da simulação.

Apêndice B: Exercícios.

Exercício 1: (UDESC 2010)

Analise as afirmativas abaixo, relativas à explicação do efeito fotoelétrico, tendo como base o modelo corpuscular da luz.

I – A energia dos fótons da luz incidente é transferida para os elétrons no metal de forma quantizada.

II – A energia cinética máxima dos elétrons emitidos de uma superfície metálica depende apenas da frequência da luz incidente e da função trabalho do metal.

III – Em uma superfície metálica, elétrons devem ser ejetados independentemente da frequência da luz incidente, desde que a intensidade seja alta o suficiente, pois está sendo transferida energia ao metal.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- b) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- d) Somente a afirmativa III é verdadeira.

E) Todas as afirmativas são verdadeiras.

Exercício 2: (UDESC 2008)

Foi determinado experimentalmente que, quando se incide luz sobre uma superfície metálica, essa superfície emite elétrons. Esse fenômeno é conhecido como efeito fotoelétrico e foi explicado em 1905 por Albert Einstein, que ganhou em 1921 o Prêmio Nobel de Física, em decorrência desse trabalho. Durante a realização dos experimentos desenvolvidos para compreender esse efeito, foi observado que:

1. Os elétrons eram emitidos imediatamente. Não havia atraso de tempo entre a incidência da luz e a emissão dos elétrons.
2. Quando se aumentava a intensidade da luz incidente, o número de elétrons emitidos aumentava, mas não sua energia cinética.
3. A energia cinética do elétron emitido é dada pela equação $E_c = \frac{1}{2} mv^2 = hf - W$, em que o termo hf é a energia cedida ao elétron pela luz, sendo h a constante de Planck e f a frequência da luz incidente. O termo W é a energia que o elétron tem que adquirir para poder sair do material, e é chamado função trabalho do metal.

Considere as seguintes afirmativas:

- I - Os elétrons com energia cinética zero adquiriram energia suficiente para serem arrancados do metal.
- II - Assim como a intensidade da luz incidente não influencia a energia dos elétrons emitidos, a frequência da luz incidente também não modifica a energia dos elétrons.
- III - O metal precisa ser aquecido por um certo tempo, para que ocorra o efeito fotoelétrico.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- b) Todas as afirmativas são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.

- d) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- e) Somente a afirmativa I é verdadeira.

Exercício 3: Falamos sempre em fótons de luz vermelha, fótons de luz verde, de luz ultravioleta.... Podemos falar em fótons de luz branca? Por quê?

Exercício 4: Se um feixe de luz verde e outro de luz azul têm exatamente a mesma energia, qual deles contém um maior número de fótons? Por quê?

Exercício 5: A intensidade da luz depende da frequência dos fótons ou do número deles? Por quê?

Exercício 6: Faça um breve relato sobre o contexto histórico do desenvolvimento do efeito fotoelétrico.

Exercício 7: (UDESC/2012)

A emissão de elétrons de uma superfície, devido à incidência de luz sobre essa superfície, é chamada de efeito fotoelétrico. Em um experimento um físico faz incidir uma radiação luminosa de frequência f e intensidade I sobre uma superfície de sódio, fazendo com que N elétrons sejam emitidos desta superfície. Em relação aos valores iniciais f e I , assinale a alternativa que apresenta como devem variar a frequência e a intensidade da luz incidente para duplicar o número de elétrons emitidos:

- a) duplicar a frequência e manter a intensidade.
- b) manter a frequência e duplicar a intensidade.
- c) reduzir a frequência pela metade e manter a intensidade.
- d) manter a frequência e quadruplicar a intensidade.
- e) a emissão de elétrons independe da frequência e da intensidade da luz incidente.

Exercício 8: (UEG GO/2012)

O efeito fotoelétrico, interpretado corretamente pelo físico Albert Einstein, em 1905, enuncia que uma luz incidente sobre a superfície de determinados metais pode arrancar elétrons dessa superfície por causa da interação entre a radiação e a matéria, caracterizada pela absorção dos fótons e pela liberação de elétrons. A respeito da interpretação de Einstein sobre o efeito fotoelétrico, é CORRETO afirmar:

- a) a luz incidente no metal é composta por fótons dotados de uma energia dada pelo comprimento de onda da luz vezes a constante de Planck.

- b) existe uma frequência-limite abaixo da qual esse efeito não ocorre, mesmo que se aumente consideravelmente a intensidade da luz incidente sobre o metal.
- c) ocorre um espalhamento por um elétron devido à colisão com um fóton de momento linear igual à constante de Planck dividida pelo comprimento de onda da luz.
- d) todos os metais possuem a mesma função trabalho, que é responsável pela ejeção dos elétrons cinéticos do metal.

Exercício 9: (UNEB-BA)

De acordo com o físico Max Planck, que introduziu o conceito de energia quantizada, a luz, elemento imprescindível para manutenção da vida na Terra, como toda radiação eletromagnética, é constituída por pacotes de energia denominados:

- 01) bárions. 02) dipolos. 03) íons.
- 04) pulsos. 05) fótons.

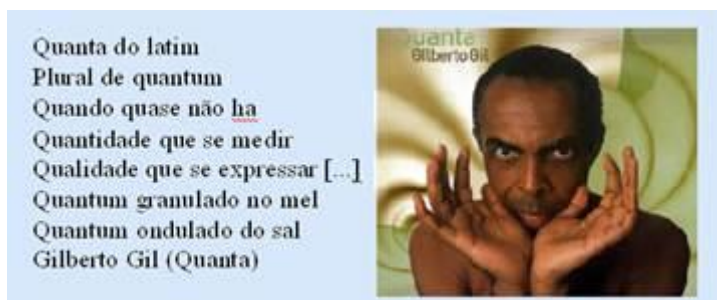
Exercício 10: (UFRGS)

Selecione a alternativa que apresenta as palavras que completam corretamente as lacunas, pela ordem, no seguinte texto relacionado com o efeito fotoelétrico.

“O efeito fotoelétrico, isto é, a emissão de por metais sob a ação da luz, é um experimento dentro de um contexto físico extremamente rico, incluindo a oportunidade de pensar sobre o funcionamento do equipamento que leva à evidência experimental relacionada com a emissão e a energia dessas partículas, bem como a oportunidade de entender a inadequacidade da visão clássica do fenômeno. Em 1905, ao analisar esse efeito, Einstein fez a suposição revolucionária de que a luz, até então considerada como um fenômeno ondulatório, poderia também ser concebida como constituída por conteúdos energéticos que obedecem a uma distribuição..., os quanta de luz, mais tarde denominados”.

- a) fótons - contínua - fótons
- b) fótons - contínua - elétrons
- c) elétrons - contínua - fótons
- d) elétrons - discreta – elétrons
- e) elétrons - discreta – fótons

Exercício 11:(UFLA-MG)



A música de Gilberto Gil fala do átomo, das partículas subatômicas e algumas de suas características. Segundo a evolução dos modelos atômicos e os conceitos de estrutura atômica, assinale a alternativa CORRETA.

- a) O elétron possui carga negativa ($-1,602 \cdot 10^{-19} \text{C}$) e sua massa é tão pequena que não pode ser medida.
- b) Segundo Planck, a energia só pode ser emitida ou absorvida pelos átomos em pacotinhos. Cada pacotinho contém certa quantidade de energia.
- c) Diferentemente dos elétrons e dos prótons, os nêutrons não possuem carga e tem massa cerca de 10.000 vezes maior que a do próton.
- d) De acordo com a física moderna, a radiação eletromagnética é uma partícula e não uma onda.

Exercício 12: Uma luz mais intensa, mais brilhante, arrancará mais elétrons de uma superfície metálica que uma luz mais fraca de mesma frequência?

Exercício 13: Uma luz de alta frequência ejetará um maior número de elétrons do que uma luz de baixa frequência?

Exercício 14: Por que uma luz vermelha muito intensa não transfere mais energia a um elétron ejetado do que um fraco feixe de luz ultravioleta?

Exercício 15: A intensidade de um feixe de luz depende fundamentalmente da frequência dos fótons ou do número deles?

Exercício 16: Queimaduras solares produzem danos às células da pele. Por que a radiação ultravioleta é capaz de produzir tais danos, enquanto a radiação visível, ainda que muito intensa não é capaz?